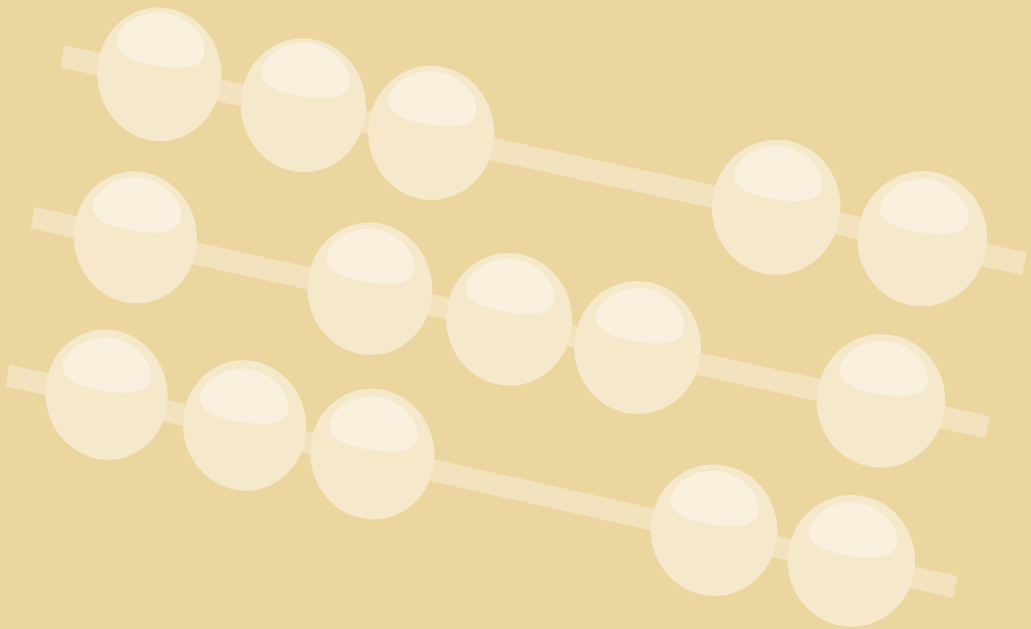


Mathematik entlang der Bildungskette.

Empfehlungen einer Expertengruppe zur Kompetenzentwicklung
und zum Förderbedarf im Lebenslauf.



Deutsche Telekom Stiftung

Mathematik entlang der Bildungskette.

Empfehlungen einer Expertengruppe zur Kompetenzentwicklung
und zum Förderbedarf im Lebenslauf.

Autoren

Heinz-Elmar Tenorth, Werner Blum, Aiso Heinze,
Andrea Peter-Koop, Marcel Post, Christoph Selter,
Rudolf Tippelt, Günter Törner

Inhalt.

- | | | |
|----|--|--|
| 4 | Grußwort. | Kompetenzkonstruktion in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften. |
| 6 | Vorwort. | Außerschulische Lernprozesse – Lebenslanges und informelles Lernen. |
| 10 | Zusammenfassung. | Zwischenfazit.
Nationale und internationale Reformanstrengungen im Bereich der Mathematik. |
| 14 | Das Thema. | Zivilgesellschaftliches Engagement.
Zwischenfazit. |
| 16 | Mathematik zwischen Anerkennung und Distanz. | |
| | Dimensionen der Anerkennung.
Indikatoren für fehlende Akzeptanz.
Zwischenfazit. | 70 Die Bewertung. |
| 26 | Die Praxis. | |
| 28 | Programme, Implikationen, Leistungen, Reformen. | 72 Mathematische Kompetenz: Aufbau und Förderung. |
| | Mathematische Kompetenz – das dominierende schulische Modell.
Aufbau Mathematischer Kompetenz im (Vor-)Schulalter: Schlüsselstellen, Sequenzen und Probleme.
Differenzielle Entwicklungen und Herausforderungen.
Mathematische Kompetenz in der beruflichen Bildung und Praxis. | Die grundlegende Stufe: Nationales Fortbildungszentrum Mathematik.
Die zweite Stufe: Innovation des Lernens – Mathematik als gesamtgesellschaftliche Aufgabe.
Kultur des Mathematischen – Kompetenz und Akzeptanz. |
| | | 80 Anhang. |
| | | 85 Impressum. |

Grüßwort.

Die Mathematik begleitet den Menschen lebenslang – vom Kindesalter über die Ausbildung bis hin in den Beruf. Den einen mehr, den anderen weniger. Und auch für das Erlernen von Mathematik gilt: Dem einen behagt es mehr, dem anderen weniger. Leider finden viele – zu viele – kaum oder gar keinen Zugang zu diesem Fach. Das erweist sich vor allem in der Informationsgesellschaft als zunehmend schwieriges Hindernis für gesellschaftliche Teilhabe und beruflichen Erfolg. Die technologische Entwicklung und die zunehmende Komplexität unserer Lebenswelt erfordern ein gewisses mathematisches Grundverständnis. Gute mathematische Bildung ist heute die Grundlage für zukunftsweisende Karrieren – gerade am Innovations-, Forschungs- und Technologiestandort Deutschland. Es muss daher gelingen, unseren Kindern und Jugendlichen die bestmögliche mathematische Bildung angeeignet zu lassen und diese im weiteren Lebenslauf zu pflegen.

Die Deutsche Telekom Stiftung hat die Verbesserung der mathematischen Bildung zu einem der zentralen Schwerpunkte ihrer Arbeit gemacht. Dabei haben wir von Beginn an den Anspruch verfolgt, die Aktivitäten in diesem Feld aufbauend entlang der Bildungskette zu gestalten. Da aus unserer Sicht die für mathematische Bildung verantwortlichen Personen und Institutionen die tragenden Elemente gelungener Bildungsbiografien sind, konzentrieren sich unsere Mathematik-Projekte wesentlich darauf, sie für diese Aufgabe besser zu befähigen.

Nach einigen Jahren der Erfahrung mit unterschiedlichen Mathematik-Projekten und unterschiedlicher Praxis der Förderung von Vorhaben innerhalb und außerhalb von Bildungseinrichtungen, hat die Stiftung zu Jahresbeginn 2009 die Expertengruppe „Mathematik entlang der Bildungskette“ einberufen. Deren Ziel war es, die Formen und Bedingungen der Konstruktion von Kompetenz im Lebenslauf exemplarisch für die Mathematik zu analysieren. Auf der Grundlage dieser Analyse werden Wege zu kohärenten Bildungsbiografien aufgezeigt.

Die Neuartigkeit der Aufgabe erforderte ein Team in offener und interdisziplinärer Zusammensetzung: Fachdidaktiker der Mathematik für die Sekundarschulen gehörten daher ebenso zur Kommission wie Experten für die vorschulische und frühe schulische mathematische Bildung, Bildungsforscher mit theoretischer und praktischer Erfahrung für die Weiterbildung und für informelle Lernprozesse ebenso wie Vertreter der Bildungstheorie, die zugleich Erfahrung in bildungspolitischen Planungsprozessen haben.

„Mathematische Bildung ist eine Aufgabe mit zentraler
Bedeutung im gesamten bildungspolitischen Kontext.“

Wir sind stolz darauf, dass wir den Bildungshistoriker Professor Heinz-Elmar Tenorth als Vorsitzenden der Kommission gewinnen konnten. Damit drücken wir unsere Überzeugung aus, dass mathematische Bildung nicht allein Sache der Mathematiker und Mathematikdidaktiker ist, sondern eine Aufgabe mit zentraler Bedeutung im gesamten bildungspolitischen Kontext.

Ergebnis der Arbeit ist die jetzt vorliegende Publikation, die sich an Verantwortliche in der Bildungspolitik, die Träger von Lerninstitutionen und die Initiatoren von Bildungsprojekten richtet. Die Inhalte liefern systematische Vorschläge für die Kooperation öffentlich-staatlicher und privater Förderinitiativen und sollen als Anregung für die weitere Entwicklung dienen.

Mein Dank gilt allen, die dazu beigetragen haben, dass diese Publikation entstanden ist, ganz besonders der engagierten Expertenrunde.

Bonn, im August 2010



Dr. Klaus Kinkel
Vorsitzender Deutsche Telekom Stiftung

Vorwort.

Die Bedeutung der MINT-Bildung (MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) ist in aller Munde und die Vielfalt von Aktivitäten zu ihrer Verbesserung ist enorm, gerade auch von Seiten Privater – Unternehmen, Verbände, Stiftungen. Schaut man allerdings genauer hin, sind die allermeisten MINT-Aktivitäten auf die Bereiche Technik, IT und Naturwissenschaften gerichtet. Die Mathematik dagegen kommt kaum vor, was sehr im Gegensatz zu ihrer Bedeutung steht: Mathematik ist eine kulturelle Basiskompetenz und sie ist die Grundlage, um die anderen MINT-Fächer überhaupt betreiben zu können.

Mathematik gehört zu den wenigen Wissensbeständen, die für jede Hochkultur charakteristisch sind und auf die auch die modernen Gesellschaften nicht verzichten können. Als Kulturgut insofern unbestritten anerkannt und als Wissenschaft von höchster Reputation, ist gleichzeitig unverkennbar, dass Mathematik in der Öffentlichkeit mit fehlender Akzeptanz zu kämpfen hat. Bemühungen, ihre Wertschätzung zu steigern, Reputation zu sichern und die Verbreitung Mathematischer Kompetenz zu fördern, wie sie zuletzt 2008 das „Jahr der Mathematik“ dokumentiert hat, sind deshalb auch die wiederkehrende Reaktion auf diese offenkundige Diskrepanz von unbestreitbarer Notwendigkeit und gleichzeitig fehlender Akzeptanz.

Die Betrachtung der mathematischen Bildung war bislang sehr auf Teilbereiche – die schulische, betriebliche oder hochschulische Ausbildung – beschränkt. Es ist die Absicht der Expertenkommission „Mathematik entlang der Bildungskette“, hier den Blick zu weiten und außerschulische und lebenspraktische Aspekte einzubeziehen. Unter bildungsbiografischer Perspektive müssen alle denkbaren Lernorte und Einflussfaktoren für die Entwicklung Mathematischer Kompetenz untersucht werden. Mathematik bildungsbiografisch zu betrachten ist deshalb besonders naheliegend, weil sich Mathematische Kompetenzen kumulativ aufbauen. Daraus folgt, dass Defizite im Aufbau bestimmter Mathematischer Kompetenzen den Weg für den Aufbau weiterer Kompetenzen versperren. Fehlende Grundlagen führen unweigerlich zu einer Kumulation der Defizite, die sich im Nachhinein nur sehr schwer beseitigen lassen.

Bei der Verbesserung dieser Situation können der dritte Sektor und hier namentlich Stiftungen eine wichtige Rolle spielen, denn sie haben drei entscheidende Vorteile: Erstens sind Stiftungen nicht zur Gleichbehandlung verpflichtet und können mehr wagen, zweitens können sie getrennte Institutionen (zum Beispiel Kita und Grundschule) an einen Tisch bringen und zu gemeinsamem Handeln veranlassen, und drittens endet die Einflussphäre von

Stiftungen nicht an Ländergrenzen – ein für die Bildungsadministration notorisches Problem angesichts der Bildungshoheit der Länder, des für diesen Bereich abgeschafften, auch vorher schon stark begrenzten Initiativrecht des Bundes und der nicht mehr gegebenen Möglichkeit der Zusammenarbeit in Bund-Länder-Programmen.

Stiftungen könnten sogar geradezu eine Klammerfunktion angesichts der föderalen Zersplitterung haben. Dazu zwei Beispiele aus der Arbeit der Deutsche Telekom Stiftung: Im Projekt Natur-Wissen schaffen sind die für den Elementarbereich vorliegenden Bildungspläne der Länder mit Blick auf die Vermittlung früher MINT-Kompetenzen analysiert worden. Aus der Gesamtheit der Bildungspläne wurden dann bundesweit anwendbare Handreichungen für die Praxis abgeleitet, unter anderem für die frühe mathematische Bildung. Diese werden in Fortbildungsmaßnahmen für die Fachkräfte nutzbar gemacht. Im Projekt Mathematik Anders Machen hat die Deutsche Telekom Stiftung gemeinsam mit der Universität Duisburg-Essen und der Humboldt-Universität zu Berlin ein deutschlandweit anerkanntes Modell für eine moderne Lehrerfortbildung entwickelt. Die Überführung in die Regelunterstützungssysteme der Länder in diesem Bereich erweist sich allerdings als kleinteilig und schwierig. Die Stiftung muss hier deshalb über neue Wege nachdenken, wenn sie bundesweit Standards in der Lehrerfortbildung setzen will.

Die in diesem Bericht deutlich adressierte Schlüsselstelle einer besseren Befähigung von Fach- und Lehrkräften durch eine viel stärkere Förderung der Aus- und Fortbildung kann ein Betätigungsfeld für Stiftungen sein, allerdings – die Beispiele aus der Arbeit der Telekom-Stiftung deuten es an – kein einfaches, wenn sie selbst dort als Akteur (Stichwort: operative Stiftung) auftreten wollen. Initiativen, wie sie hier vorgeschlagen werden, sind aber nur in der Zusammenarbeit einer oder mehrerer Stiftungen mit anderen Akteuren zu erreichen. Diese Erkenntnis setzt sich im Stiftungsbereich immer mehr durch, geradezu in Form eines Kooperationsgebots für bestimmte Vorhaben. Die Herausforderungen, die dieser Imperativ für den Stiftungssektor mit sich bringt, sind allerdings erheblich.

Dazu kommt, dass viele Akteure beginnen, das sektorale Denken (im Bildungsbereich und anderswo) aufzubrechen. Nicht nur die Koordination auf der Akteursseite wird damit komplexer, sondern auch die zu bearbeitenden Felder. Trotz dieser wachsenden Komplexität und des entsprechend steigenden Aufwands, mit ihr umzugehen, ist das der Weg der Zukunft. Für diese Sichtweise steht auch dieser Bericht.

„Stiftungen können geradezu eine Klammerfunktion angesichts der förderalen Zersplitterung haben.“

Mit der Einberufung der Expertenkommission „Mathematik entlang der Bildungskette“ hat die Deutsche Telekom Stiftung eine neue Phase ihrer Projektarbeit eingeläutet – für die Verbesserung der MINT-Bildung im Allgemeinen und der mathematischen Bildung im Besonderen. Sie möchte bei der Auswahl ihrer Aktivitäten künftig noch stärker die bildungsbiografische Perspektive einnehmen, Projekte miteinander verknüpfen beziehungsweise durch Kooperation mit anderen – privaten, öffentlichen oder staatlichen Partnern – nachhaltiger anlegen. Die Stiftung möchte also mehr erreichen als nur neue Anregungen für weitere Modellvorhaben zu erhalten. Sie möchte bessere Kooperationsformen und Verbreitungsstrategien entwickeln und eine Diskussion in und zwischen den mit der mathematischen Bildung befassten Institutionen anregen.

Die Deutsche Telekom Stiftung wird auch in Zukunft einen erheblichen Anteil ihrer Mittel für die Verbesserung der mathematischen Bildung aufwenden. Es ist ihr aber bewusst, dass sie mit ihren beschränkten finanziellen Mitteln nur dann etwas bewegen kann, wenn es gelingt, potenzielle Partner für das Themenfeld zu sensibilisieren und zu begeistern, um dann in Kooperationen Hebelwirkungen und Synergieeffekte zur Entfaltung zu bringen. Insofern hat dieser Bericht eine orientierende Funktion für die Deutsche Telekom Stiftung selbst wie auch, so ist zu hoffen, für die anderen Akteure in der (mathematischen) Bildungslandschaft.



Dr. Ekkehard Winter
Geschäftsführer Deutsche Telekom Stiftung

Zusammenfassung.

Mathematisches Verstehen gehört zu den kulturellen Basiskompetenzen, Mathematik ist unentbehrlich in den modernen Wissenschaften – aber im Alltag findet Mathematik nicht die Anerkennung, die ihr gebührt. Die Deutsche Telekom Stiftung, seit langem engagiert in der Förderung von Mathematik, hat angesichts solcher Diskrepanzen eine Expertenkommission gefragt, ob sich Strategien identifizieren lassen, Mathematische Kompetenz zu stärken und die öffentliche Akzeptanz von Mathematik zu verbessern, und zwar entlang der gesamten „Bildungskette“.

Die hier vorgelegte Expertise versucht eine Antwort auf diese Frage. Sie analysiert zuerst (1) die aktuelle Situation in der Konstruktion Mathematischer Kompetenz, zeigt dann, welche Leistung Reformanstrengungen erbringen (2), und macht schließlich Vorschläge für neue Strategien zur Verbesserung der Kompetenz im Lebenslauf (3). Die Diagnosen und Empfehlungen beruhen auf der Expertise der Beteiligten und auf Gutachten zu Spezialthemen, entsprechend trägt die Expertenrunde die Verantwortung für das Ergebnis.

1. Die aktuelle Situation: Praxis und Informationsstand.

Aktuell dominierend in Praxis und Forschung ist das Modell Mathematischer Kompetenz, wie es bei der Entwicklung von Bildungsstandards erarbeitet wurde. Auch über die notwendigen Voraussetzungen für das Gelingen von schulischem Mathematiklernen gibt es gesichertes Wissen, aber wir verfügen nicht im gleichen Maße über Forschungen, um Konstruktion und Erwerb von Kompetenzen im Lebenslauf insgesamt zu erklären.

Auch die normalen Differenzen schulischer Mathematik-Leistung lassen sich vor allem in der Fachdidaktik gut erklären: Sie liegen in der Organisation schulischen Lernens, im kognitiven Anregungspotenzial, das es bereithält, und in der individualisierenden pädagogischen Arbeit. Aber bereits bei der Erklärung von Rechenschwäche stehen zum Beispiel lernpsychologische und fachdidaktische Erklärungen bislang eher unverbunden nebeneinander, hier in Problemlagen, zeigen sich die ersten großen Defizite.

Forschungsdefizite zeigen sich auch, wenn man soziale Voraussetzungen schulischer Leistung berücksichtigt, zum Beispiel den Migrationshintergrund, die soziale Herkunft und das Geschlecht. Sie haben Bedeutung, selbstverständlich, aber es gelingt nur schwer, den je

spezifischen Anteil und das Zusammenwirken aller Faktoren zu klären. Offene Fragen ergeben sich ferner für den Bereich der Berufsbildung. Wir wissen wenig über berufstypische Anforderungen und Schwierigkeiten in und mit der Mathematik, noch weniger, wie nachholende Lernprozesse im Übergangssystem erfolgversprechend realisiert werden können.

Über das informelle und nonformale Lernen von Mathematik sind wir ebenfalls kaum informiert. Von „street mathematics“ hat man gehört, Lebenslanges Lernen ist ein vertrautes Thema im Alltag, in betrieblichen Einrichtungen oder in Volkshochschulen. Wir wissen, dass mathematisches Lernen hier anwendungsorientiert und situationsspezifisch stattfindet, aber weder theoretisch noch empirisch sind diese Prozesse hinreichend untersucht.

Sehr viel besser ist dagegen, seit jüngerer Zeit, die Situation in der lehrerbezogenen Forschung. Die pädagogisch-professionelle Praxis und das Zusammenspiel von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Kompetenzen sowie pädagogischen Überzeugungen sind auch handlungsbedeutsam gut untersucht – aber auch hier: primär für den schulischen Kontext. Die Lehre der Mathematik ist ein ungelöstes Problem.

Angesichts des unbefriedigenden Standes der Mathematikleistung in der heranwachsenden Generation sind die Forschungsdefizite aber insgesamt zu groß, die Konzentration auf das schulische Lernen verengt die Problemwahrnehmung, weitere Möglichkeiten der Konstruktion Mathematischer Kompetenz sind nicht intensiv Thema geworden.

2. Förderprogramme und ihre Leistungen und Probleme.

Nicht ohne Grund gibt es eine lange Tradition von Förderaktivitäten auch im Bereich der Mathematik. Im Einzelnen produktiv und nützlich, sind diese Aktivitäten sehr stark auf den pflichtschulischen Bereich konzentriert. Weder finden sich erprobte Programme für die berufliche Bildung noch für die Einrichtungen der Weiterbildung oder für außerschulische Lernprozesse. Eher punktuell ist auch die kompetenzspezifische Diagnostik nur verfügbar, wie sie für die Förderung von Begabten und „Risikogruppen“ in der Mathematik notwendig ist. Förderprogramme für die „Risikogruppen“ gibt es zwar im vorschulischen Bereich, kaum für spätere Phasen oder für die nachschulische mathematische „Alphabetisierung“.

Programme zur Fortbildung der Profession haben inzwischen eigene Tradition, mit dem Transfer in den Alltag der Lehrer kann man aber nicht zufrieden sein. Es gibt kaum Abstimmung zwischen den Programmen und wenig Nachhaltigkeit und Stetigkeit. Die Förderprogramme sind in der Regel befristet, das Zusammenspiel staatlicher Instanzen und zivilgesellschaftlicher Träger ist kaum erprobt. Ein zentrales Defizit stellt die Evaluation der Programme dar, transferfähige Informationen liegen nicht vor. Nationale Differenzen sind unverkennbar. In Deutschland gibt es zum Beispiel kein Pendant zu den englischen oder schwedischen nationalen Fortbildungseinrichtungen.

Im Alltag sollen Wettbewerbe die Mathematik stärken, auch das „Jahr der Mathematik“ hat intensiv gewirkt. Aber hier fehlen Anschlussprogramme und vernetzte Förderaktivitäten, etwa zwischen dem Staat und aktiven Stiftungen. Bisher gibt es auch keine Evaluierung dieser Programme; die Distanz zur Mathematik scheint eher stabil. Der Mitteleinsatz ist der Förderstruktur entsprechend zeitlich wie sachlich und den Adressaten gemäß eher zufällig als systematisch.

Die Situationsdiagnose zeigt zusammenfassend auch heute noch ein kritisches Bild:

- **Akzeptanz** wird zugesprochen und fehlt zugleich: Mathematik kann zwar über fehlende Beachtung in der Öffentlichkeit nicht klagen, sie findet auch Anerkennung in schulischen Lehrplänen, aber die Wertschätzung wird eher von Experten aufgebaut als im Alltag insgesamt geteilt;
- **Leistungsfähigkeit** kann man zwar den Bildungsprozessen vom Kindergarten über Schulen und Hochschulen bis zur beruflichen Qualifizierung nicht absprechen, aber sowohl in der Generalisierung von Kompetenzen über Routinefertigkeiten hinaus als auch beim Aufbau von Spitzenleistungen sind Defizite unverkennbar. Sie haben Folgen beim Zugang in berufliche Ausbildung und sie wirken als fehlende Weiterbildungsbereitschaft im Lebenslauf;
- **Innovationsfähigkeit und -bereitschaft** fehlen keineswegs beim Aufbau Mathematischer Kompetenz, aber die Wirkungen der Förderprogramme sind nicht hinreichend: die Fördermaßnahmen sind nicht systematisch genug verbunden, nicht nachhaltig angesetzt, nicht kritisch evaluiert, allenfalls punktuell auf den vorschulischen und, breiter, auf den schulischen Bereich bezogen. Man überlässt die Mathematik den Experten, aber man lässt diese auch mit der umfassenden Aufgabe allein.

3. Empfehlungen.

Vor dem Hintergrund der Problem diagnose empfiehlt die Expertenkommission eine **Qualitätsoffensive Mathematik**, und zwar in zwei strategisch ansetzenden Schritten, getragen von der Überzeugung, dass die Stärkung professioneller Kompetenz und der Bildungseinrichtungen vor Ort erfolgversprechend sind für den Aufbau Mathematischer Kompetenz.

Der erste Schritt: Die Einrichtung eines Nationalen Fortbildungszentrums Mathematik

Dieses Zentrum soll 2011 gegründet werden, um in einer ersten Erprobungsphase bis 2017 flächendeckend die Arbeit an der mathematischen Bildung zu intensivieren. Das Zentrum arbeitet zusammen mit allen Akteuren im Feld; der strategische Ansatzpunkt der Veränderung soll das pädagogische Personal sein, das heißt der dominante Akteur in allen Bildungseinrichtungen. Praxisentwicklung, konzentriert auf die einzelne Einrichtung, und Professionalisierung sollen das Lernen der Mathematik vor Ort verbessern. Das Zentrum dient als Ort der Information, Dokumentation, Qualitätssicherung, Programmentwicklung und Fortbildung. Ein Betrag von 1 bis 1,5 Millionen Euro pro Jahr ist für die Erprobungsphase erforderlich.

Anzustreben ist, einen der großen Stifter im Bereich der Mathematikförderung zu gewinnen, um rasch handlungsfähig zu werden. Bei einer Ausschreibung des Zentrums unter den Hochschulen könnte zugleich die Anbindung an Forschung gesichert werden.

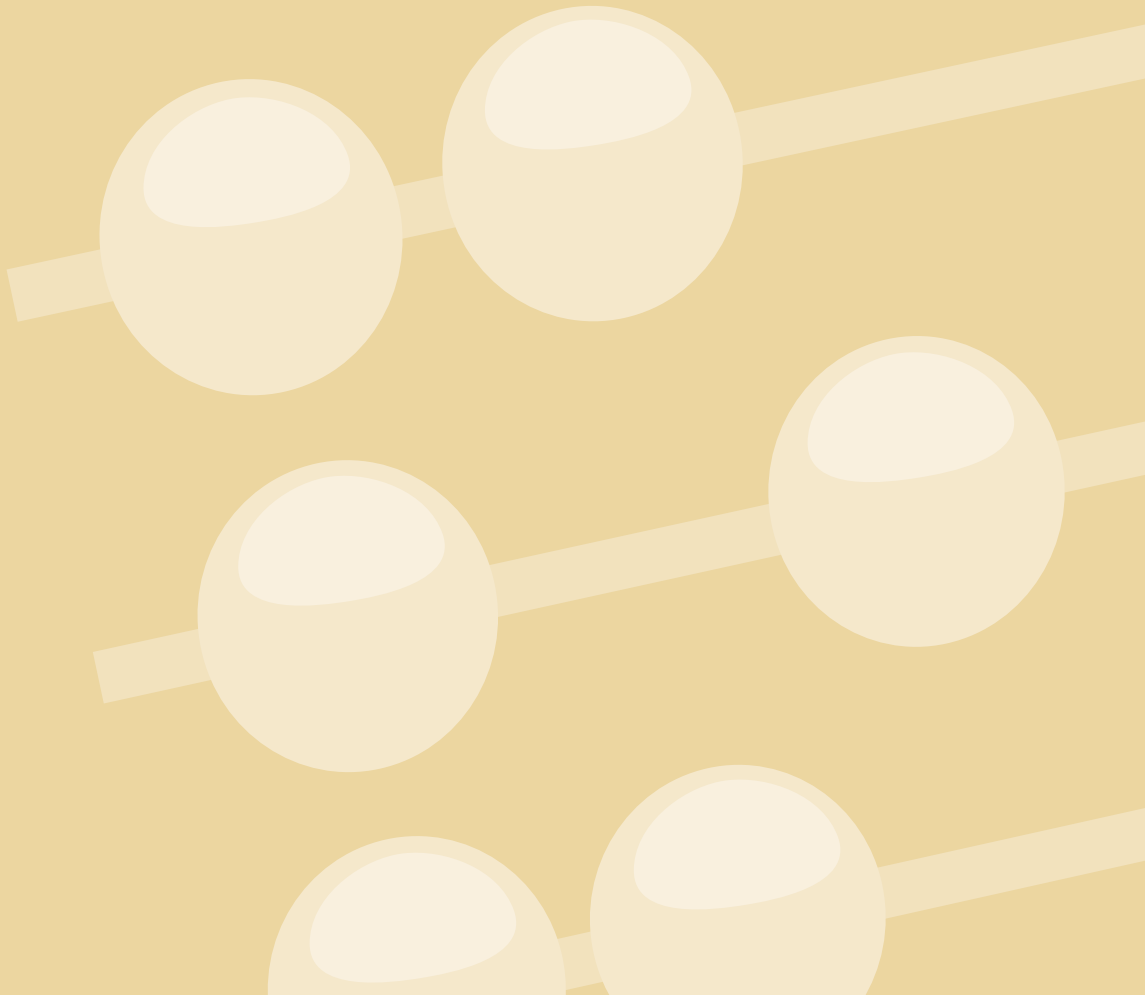
Der zweite strategische Schritt: Innovation des Lernens – Mathematik als gesamtgesellschaftliche Aufgabe“

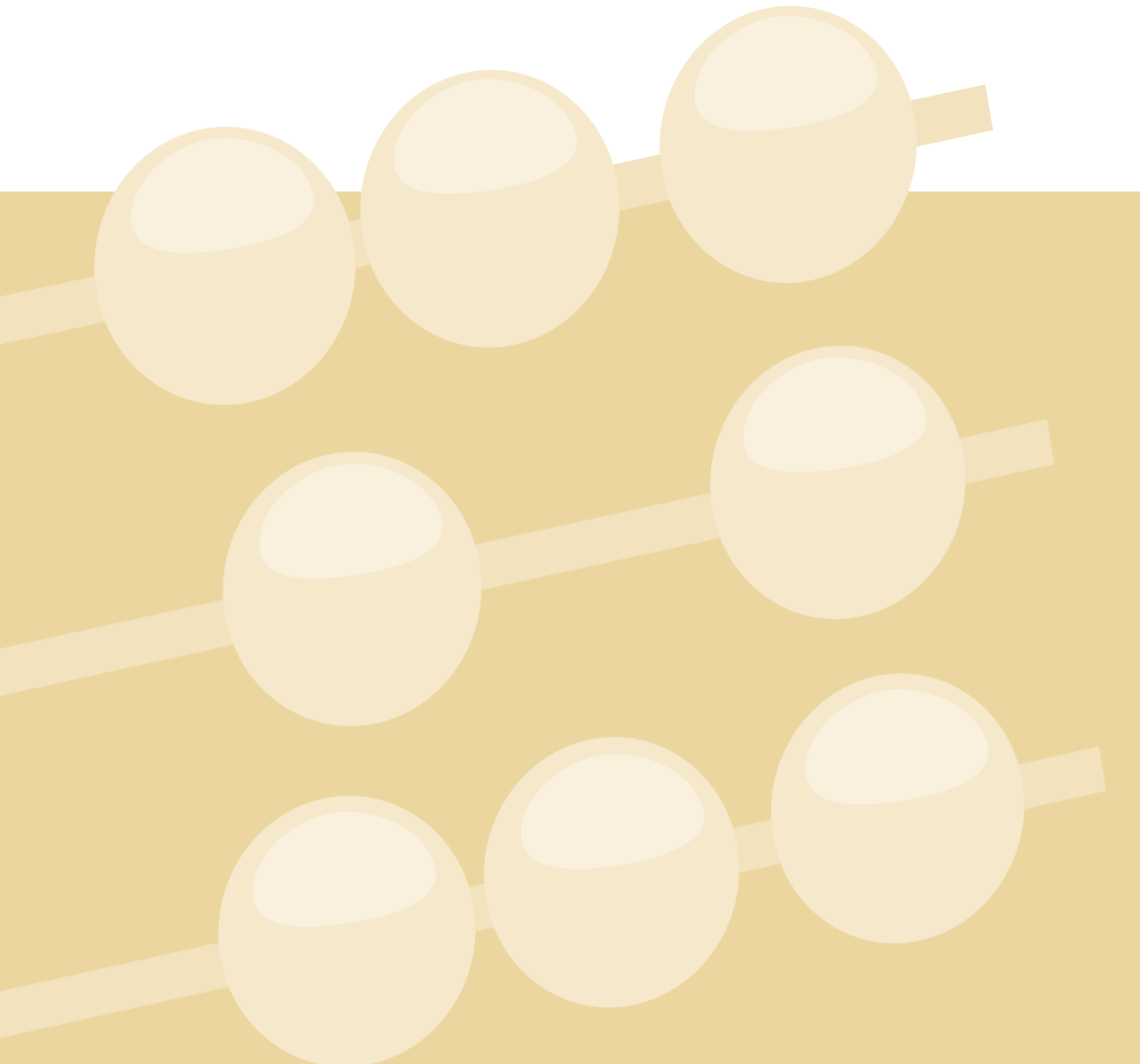
In Entwicklungsprojekten, getragen und finanziert von staatlichen und öffentlichen Akteuren, sollen angesichts der bestehenden Praxis- und Forschungsdefizite modellhaft und in Transferabsicht Programme erarbeitet werden,

- die institutionell und curricular neue Lerngelegenheiten, unter anderem für „Risikogruppen“, im außerschulischen Bereich und in der Erwachsenen- und Weiterbildung anbieten,
- neben den professionell Lehrenden und den Lernenden auch das soziale Milieu einbeziehen,
- Formen der fachdidaktischen Kompetenzentwicklung fördern und
- medial unterstützt die Akzeptanz für Mathematik stärken.

Hier sollte 2012 der Startschuss fallen.

Das Thema.





1. Mathematik zwischen Anerkennung und Distanz.

Die eigentümliche Ambivalenz, in der sich das öffentliche Erscheinungsbild der Mathematik darstellen lässt, hat viele Facetten. Wir beschreiben zunächst die ohne Zweifel bestehenden Dimensionen der Anerkennung, konzentriert auf solche Indikatoren, die sich im Bildungssystem identifizieren lassen, bevor wir die Anzeichen für Distanz gegenüber der Mathematik und für fehlende Anerkennung darstellen.

Dimensionen der Anerkennung.

Kulturelle Basiskompetenz

Als Bildungsgut gesellschaftlich gepflegt und in disziplinärer Gestalt als eigene Wissenschaft tradiert und entwickelt, hat sich die Mathematik – neben der alltäglichen Verkehrssprache – zugleich zu dem zweiten universell notwendigen Instrument entwickelt, auf das nicht nur die Expertinnen und Experten¹, sondern auch alle gesellschaftlichen Praxen nicht verzichten können. Die Beherrschung von Mathematik beschreibt neben der von Sprache und Schrift die grundlegende kulturelle Basiskompetenz. Wir sind nicht selbstständig handlungsfähig in Gesellschaft und Kultur, aber auch im Alltag unseres privaten Lebens, wenn wir nicht zumindest bis zu einem gewissen Grad über diese Kompetenz verfügen.

„Maß und Zahl“ sind dabei bis heute in je unterschiedlicher Gestalt universelle und unentbehrliche Bezugsgrößen gesellschaftlichen Handelns geworden. In der Politik zum Beispiel machen erst die Daten über die inzwischen aufgebaute öffentliche Schuldenlast oder die Zahlen über die ökologische Entwicklung bewusst, dass hier in den revidierten Machtkämpfen zugleich über unsere Zukunft entschieden wird. Die ökonomische Krise hat nicht nur Werte vernichtet, sondern auch gezeigt, wie die von Experten entwickelten mathematischen Kalküle der Risiken wirtschaftlichen Handelns ganze Gesellschaften in ihrer Existenz bedrohen. Demografische Daten sind im öffentlichen Diskurs ebenso selbstverständlich geworden wie Umfragezahlen im politischen, und ohne die Mathematik und die Mathematisierbarkeit von Kommunikation hätten die neuen Technologien und die weltweiten Formen des Informationsaustausches nicht geschaffen werden können, die uns eine neue digitale Welt eröffnet haben.

¹ Im Folgenden wird der besseren Lesbarkeit halber die männliche Form als geschlechterneutrale Form verstanden.

Solche Strukturbedingungen von Gesellschaft und Kultur haben selbstverständlich auch Konsequenzen für jeden Einzelnen. Mathematisches Verstehen gehört zu den Kernkompetenzen, die wir ausbilden müssen, wenn wir verständig, kritisch und selbstständig an unserer Gesellschaft teilhaben wollen.

Obligatorisch im Kerncurriculum der Allgemeinbildung – unentbehrlich für allgemeine Bildung

Mathematik ist deswegen nicht zufällig im schulischen Anforderungskatalog neben der Muttersprache als „Kernfach“ ausgewiesen und vom ersten Schuljahr an obligatorischer Lerngegenstand im Kanon der Allgemeinbildung. Das war historisch schon so, als im Kanon der Volksbildung die Kulturtechniken zusammen mit Religion den Lehrplan definierten, das war in der Gelehrtenbildung immer selbstverständlich, und das ist in den modernen Curricula der obligatorischen Pflichtschulen weltweit so: Die Verkehrssprache und Mathematik sind unbestritten; daneben finden als Modi des Weltzugangs in den Themen der Schule die sprachlich-literarische Bildung – in der die Verkehrssprache sich neben Fremdsprachen befindet – wie auch die historisch-politische und die ästhetisch-expressive Bildung ihren Platz. Dabei hat Mathematik heute eine Rolle im Kanon der obligatorischen Schulen erreicht, die weit über einer reinen Kulturtechnik des Rechnens liegt. Mathematik ist dadurch als eine kulturelle Basiskompetenz – und insofern als allgemein bildend – ausgewiesen, da sie ermöglicht (mit Rückgriff auf eine gängige Unterscheidung Heinrich Winters), (i) die Welt, das heißt Natur, Gesellschaft und Kultur in einer spezifischen Weise wahrzunehmen und zu verstehen, (ii) die mathematischen Gegenstände und Sachverhalte als Schöpfungen eigener Art in einer eigenen, deduktiv geordneten Welt zu begreifen und (iii) in der Auseinandersetzung mit vielfältigen mathematischen Aufgaben Problemlösefähigkeiten zu entwickeln, die transferfähig auch jenseits der Mathematik genutzt werden können.

Kernfach der Wissenschaftspropädeutik

In der Begründung wissenschaftspropädeutischen Lernens, wie es unter anderem für die Oberstufe der Gymnasien und die Grundstudien an Hochschulen charakteristisch ist, wird diese Bildungsfunktion der Mathematik reflexiv weiter kultiviert. Sie wird auch hier – in einem übertragenen Sinne – als zweite „Sprache“ aufgefasst, mit der wir uns die Welt in einem spezifischen, auf die Verkehrssprache nicht reduzierbaren Sinn aneignen können. „Modellierungsfähigkeit“, ein Kernbereich der Mathematischen Kompetenz, stellt schon im obligatorischen Lernbereich der Pflichtschulen eine wichtige Zielkompetenz dar, ist auf dieser Stufe der erweiterten Allgemeinbildung und der Sicherung von Studierfähigkeit

als bereichsspezifische Form des wissenschaftspropädeutischen Lernens eines der bis heute zentralen und zu kultivierenden Ziele. Nicht ohne Grund ist auch in Zeiten, als das Kurssystem die Wahlfähigkeit und Spezialisierung der Lernenden in der gymnasialen Oberstufe deutlich stärker akzentuierte, neben Deutsch auch Mathematik immer ein nicht abwählbares Kernfach gewesen. International, aber mit länderspezifischer Akzentuierung, nimmt Mathematik neben der Verkehrssprache ebenfalls diese zentrale Stellung im wissenschaftspropädeutischen Lernen ein.

Starker Prädiktor für Ausbildungserfolg

Ist schon die Abiturnote generell ein guter Prädiktor für den Studienerfolg, so wird die prognostische Validität schulischer Leistungen für universitäre Bildungskarrieren durch eine Berücksichtigung von Mathematik noch verbessert. Fehlende Mathematikkenntnisse erhöhen, so weiß man aus vielen Untersuchungen, über alle Fächergruppen hinweg deutlich das Risiko eines Studienabbruches, stärker zum Beispiel als fehlende Englischkenntnisse oder die mangelnde Vertrautheit mit dem Computer. In vergleichbar starker Weise ist Mathematik auch für die nachschulische Erstausbildung im Sekundarbereich II beziehungsweise für den Zugang zu Ausbildungsberufen im Dualen System der beste Prädiktor für den Erfolg. Die grundlegende Bedeutung der Mathematischen Kompetenz für berufliche Ausbildungsgänge ist unübersehbar.

Hohe Reputation als Disziplin

Nach Schule und beruflicher Bildung sind die Hochschulen der prominenteste Ort für die Realisierung der Mathematik in ihrem wissenschaftlich-disziplinären Eigenwert und in der Qualifizierung und Rekrutierung von Mathematikern. Dabei wird man nachdrücklich und mit großer Zustimmung sagen können, dass die Mathematik in Deutschland nach ihrem disziplinären Status, ihrer internationalen Geltung und ihrer theoretischen Reputation innerhalb der Wissenschaft in Deutschland einen ausgezeichneten Platz einnimmt. Nicht zuletzt die Erfolge innerhalb der Exzellenzinitiative, in der die Mathematik sowohl bei disziplinen-eigenen wie disziplinübergreifenden Clustern als auch in Graduiertenschulen hervorragend abgeschnitten hat, bestätigen diese Einschätzung. Bereits vorher hatte zum Beispiel die Einrichtung des MATHEON in Berlin, eine die Universitäten übergreifende Forschungseinrichtung, diese herausragende Position exemplarisch bekräftigt. Vor diesem Hintergrund kann man auch sagen, dass die Konstruktion mathematischer Expertise und die Ausbildung für mathematikbasierte Berufe ein festes disziplinäres und institutionelles Fundament haben.

! Zur Sache

MATHEON

Das Berliner Forschungszentrum „Mathematik für Schlüsseltechnologien“ wird von der Freien Universität, der Humboldt-Universität, der Technischen Universität Berlin, dem Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin und vom Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik getragen. In enger Kooperation mit Partnern aus Industrie, Wirtschaft und Wissenschaft betreibt das internationale Exzellenzzentrum mit rund 200 Wissenschaftlern Grundlagenforschung für eine moderne, angewandte Mathematik in Schlüsseltechnologien.

Zentraler Faktor der Qualifikationsstruktur, nicht nur in den MINT-Fächern

Die zentrale Rolle der Mathematik für Ausbildung und Praxis in den MINT-Fächern ist eindeutig. Physik oder Informatik, die technischen Disziplinen und die Naturwissenschaften insgesamt sind ohne souveräne Beherrschung der Mathematik nicht mehr studierbar, die Praxis der Berufe in diesem Feld ist hochgradig mathematisiert. Inzwischen hat die Mathematik diese zentrale Rolle aber auch im Kontext anderer Berufe gewonnen: Sozialwissenschaften und ihre spezifischen Methoden verlangen unter anderem einen breiten Fundus an statistischen Methoden, ihre Bedeutung und Notwendigkeit in der Ökonomie als auch in Bildungs-, Sozial- und Gesellschaftspolitik ist unbestreitbar; der Kern der Kompetenz ist hier ohne Mathematik nicht definierbar.

Indikatoren für fehlende Akzeptanz.

Ungeachtet dieser Formen der Anerkennung, die sich im Kontext allgemeiner und beruflicher Bildung und Praxis finden lassen, und der Belege für die Notwendigkeit breiter mathematischer Studien sowie einer angemessenen Repräsentanz in Schule und Hochschule können aber auch die vielfältigen Anzeichen für fehlende Akzeptanz von und Distanz gegenüber Mathematik, auch für dramatische Defizite in der Sicherung Mathematischer Kompetenz nicht übersehen werden. Die stärksten Indikatoren lassen sich dabei in denselben Bereichen identifizieren, die für die Anerkennung der Mathematik ins Feld geführt wurden.

Mangelnde Generalisierung der mathematischen Basiskompetenz

Die Probleme beginnen im Bereich der Pflichtschulen. Die in den TIMSS- und PISA-Erhebungen seit 1997 in breiter Öffentlichkeit bekannt gewordenen Daten belegen eindeutig, dass die Pflichtschulen die kulturellen Basiskompetenzen nicht ausreichend sichern. Die bei PISA sogenannten Risikogruppen – das heißt nahezu ein Viertel der Schülerschaft der Pflichtschulen – erwerben trotz neun- bis zehnjähriger Schulzeit nur Fähigkeiten, die von PISA in die niedrigste Kompetenzstufe oder sogar darunter eingeordnet werden. Das gilt nicht nur für das Lesen, sondern auch für die Mathematik. Diese Kompetenzstufe beschreibt eine Dimension von Fähigkeiten, die den Betroffenen eine selbstständige Teilhabe an Kultur und einen problembewussten Umgang mit Maß und Zahl, Raum und Form oder Daten und Zufall nicht ermöglichen.

! Zur Sache

PISA-Studie

Die internationale Schulleistungstudie „Programme for International Student Assessment“ untersucht im Auftrag der OECD alle drei Jahre, inwieweit Schülerinnen und Schüler Kenntnisse und Fähigkeiten für eine volle Teilhabe an der Wissensgesellschaft erworben haben. Untersucht wird die Fähigkeit oder Kompetenz von 15-Jährigen, Wissen in der Praxis anzuwenden.

Zur Sache

TIMSS

Die „Trends in International Mathematics and Science Study“ untersucht die Mathematik- und Naturwissenschaftsleistungen von mehr als einer halben Million Schülerinnen und Schülern aus rund 15.000 Schulen in 46 Ländern. Deutsche Forschungspartner sind das Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel und die Humboldt-Universität zu Berlin. In Deutschland wurden im Rahmen der Studie die Leistungen der Grundschulen und der Sekundarstufen I und II ermittelt.

Dieser Befund verweist nicht allein auf problematische Leistungen der Schule, er macht auch große Probleme der Betroffenen in der nachschulpflichtigen Zeit verständlich: Die als Risikogruppen eingestuften Jugendlichen haben in der Regel große Mühe, einen Ausbildungsplatz zu finden; sie werden meistens im sogenannten Übergangssystem der beruflichen Bildung beschult; sie haben aber auch von hier aus nur selten die Möglichkeit, marktverwertbare Qualifikationen auszubilden, und sie erwerben eine Art der Selbstwahrnehmung, die den Aufbau eigener Lernkarrieren hindert oder die Bereitschaft zur Weiterbildung sich so gut wie nicht entwickeln lässt.

Keine umfassende Garantie von Studierfähigkeit und Wissenschaftspropädeutik

Defizite in den Leistungen der Schule gibt es aber auch im Bereich des wissenschaftspropädeutischen Lernens. Wie schon die TIMSS-Daten nachdrücklich vor Augen geführt haben, deren Trend auch von neueren Studien wie TOSCA oder LAU13 nicht widerlegt wurde, erreicht nur ein sehr kleiner Teil der Oberstufenschüler beziehungsweise Abiturienten – deutlich unter zehn Prozent –, die erwartete Qualität wissenschaftspropädeutischen Lernens in der Mathematik. Und diese auch nur dann, wenn die Lernenden an Leistungskursen teilgenommen haben. In der Regel ist kaum mehr als ein eher technischer Umgang mit Algorithmen erwartbar, zu selbstständigem mathematischen Argumentieren sind nur die Wenigsten in der Lage, von einer breiten Sicherung der Kompetenz und damit auch von einer zahlenmäßig hinreichenden Bereitstellung der Studierfähigkeit auf dem durch die gymnasiale Oberstufe selbst definierten Niveau in diesem Bereich kann jedenfalls nicht gesprochen werden.

Die Daten aus den internationalen Vergleichsstudien haben für die deutsche Bildungslandschaft unabweisbar gezeigt, dass es nicht allein Defizite in den Bereichen der kulturellen Basiskompetenzen, sondern auch insgesamt zu wenig Spitzenleistungen gibt, und dass die Kompetenzentwicklung in allen schulischen Lernbereichen nicht gelingen kann, wenn die Kernkompetenzen – Sprache und Mathematik – nicht angemessen ausgebildet worden sind.

Hohe Wechsel- und Scheiterquoten im Mathematikstudium

Die Probleme setzen sich nach der Oberstufe fort; denn auch dann sind Leistungen – jetzt im Mathematikstudium – insgesamt unbefriedigend. Die akademische Mathematik gehört, disziplinär und in ihrer Rolle in anderen Forschungs- und Lehrzusammenhängen, zu den Instanzen, die durch ihre eigene universitäre Praxis für die öffentliche Wahrnehmung der

Mathematik zum Problem werden. In den Universitäten gehört die Mathematik zu denjenigen Studiengängen, die mit hohen Wechsel- bzw. Scheiterquoten zu kämpfen haben. Im universitären Diplomstudiengang erreicht nur jeder dritte Studienanfänger und jede vierte Studienanfängerin das neunte Fachsemester, rund 38 Prozent der Mathematikstudierenden geben ihr (ursprünglich gewähltes) Studium bereits nach dem ersten Semester auf, an einigen Hochschulstandorten sind bis zu 50 Prozent der Studienanfänger betroffen – für Bachelor-/Masterstudiengänge zeichnet sich bislang keine Veränderung ab. Wie immer sind Daten aus Evaluationsverfahren an Hochschulen nicht einfach interpretierbar: Sie können Indizien für eine falsche Studienwahl sein, auch Signal für eine fehlende oder unzureichende mathematikspezifische wissenschaftspropädeutische Vorbildung bis zum Abitur. Natürlich können sie auch ein Indiz für das hohe Qualitätsbewusstsein sein, das inneruniversitär in der Mathematik regiert und durch rückmeldende Prüfungspraxis für eine früh einsetzende und insofern vielleicht auch kluge Orientierung der Studierenden sorgt, denen die Disziplin keine Zukunft in der Mathematik verspricht, wenn und weil sie den legitimen hohen Ansprüchen nicht gerecht werden.

Aber dennoch, angesichts der Tatsache, dass solche Quoten im internationalen Vergleich keineswegs überall in gleicher Weise anzutreffen sind, dass Frauen häufiger und früher als ihre männlichen Kommilitonen das Studienfach oder den Studienbereich wechseln, und auch, weil davon ja Studierende betroffen sind, deren Motivation zumindest zum Abiturzeitpunkt so hoch war, dass sie ein bekannt selektives, durch hohe Anforderungen ausgezeichnetes Fach gewählt haben, und schließlich weil die Betreuungsrelation zwischen Lehrenden und Studierenden in der Mathematik in der Regel zu den günstigeren an deutschen Hochschulen zählt, müssen diese Daten Anlass für die Mathematik sein, ihre eigene Rolle in der hochschulischen Lehre kritisch zu befragen. Das geschieht ja auch, zumindest an einigen Standorten, wenn die Abstimmung zwischen Schule und Hochschule neu in den Blick genommen und zum Thema eigener Anstrengungen in der Kooperation beider Institutionen wird.

Aber man kann schwerlich behaupten, dass diese Anstrengungen flächendeckend anzutreffen sind oder auch nur von allen Mathematikern in ihrem Bild und in ihrer Praxis der akademischen Lehre unterstützt werden. Wenn man über Kompetenzkonstruktion der Mathematik im Lebenslauf neu nachdenkt, dann müssen die Hochschulen genauso wie die Schulen als strategische Gelenkstellen gesehen werden, an denen sich das öffentliche Bild von Mathematik entscheidend prägt.

„Der Mathematik fehlt weitgehend die selbstverständliche öffentliche Anerkennung.“

Starke Selektivität der Mathematik als Element der Fachstudien

Ein wenig Selbstkritik könnten in dieser Perspektive dann auch akademische Disziplinen außerhalb der Mathematik entwickeln, solche, in denen die Mathematik zur entscheidenden Instanz geworden ist, um Ausbildungsprozesse erfolgreich zu absolvieren und in der Forschung Karriere zu machen. Problematisch sind dabei nicht allein die Naturwissenschaften, sondern auch andere Disziplinen. Ein hoher Grad an Mathematisierung der eigenen Forschungsarbeit und damit eine wesentlich über mathematische Modellierung der disziplinen eigenen Probleme konstruierte disziplinäre Identität haben in den letzten Jahren unter anderem auch die Sozialwissenschaften ausgebildet, exemplarisch die Wirtschaftswissenschaften, die empirische Sozialforschung insgesamt oder die Psychologie. An manchen Hochschulorten ist schon das Studium der hier genannten Fächer ohne exzellente Mathematische Kompetenzen kaum erfolgreich zu absolvieren, die Ökonometrie oder die Statistik gewinnen in der Ausbildung eine Bedeutung, die nach dem Niveau der mathematischen Anforderungen in der beruflichen Praxis nicht immer bestätigt wird. Klinische Psychologen zum Beispiel arbeiten in einem Berufsfeld, das durchaus andere Gewichtungen der Kompetenzen kennt, als das Studium der Psychologie sie fordert; vergleichbar stark ist die Diskrepanz von Studium und Beruf in den Wirtschaftswissenschaften (zu schweigen von der disziplin internen Kritik, die stark mathematikbasierte Formen der Ökonomie in der jüngsten ökonomischen Krise erfahren haben). Mathematik erleidet in solchen Ausbildungs- und Forschungskontexten eine Bewertung, die Zuschreibungen als selektiv und praxisfern bestärken, auch wenn die Mathematik sich selbst um ein anderes Bild bemüht. Die Anerkennung der Mathematik und ihre Wertschätzung selbst im akademischen Bereich bleiben von solchen Erfahrungen sicherlich nicht unberührt.

Problematischer Status in der Bildungstheorie und in der Öffentlichkeit

Aber weder die Verbreitung dieser Kompetenz noch die Anerkennung der damit verbundenen Erwartungen in der Öffentlichkeit spiegeln die universelle Bedeutung, die der Mathematik als Kulturgut zukommt. Während niemand öffentlich problematisiert, dass man das Kernfach Deutsch natürlich auch kompetent beherrschen muss, und auch niemand einräumt, dass er der Verkehrssprache nicht richtig mächtig sei, ist das für die Mathematik anders. Der Mathematik fehlt weitgehend die selbstverständliche öffentliche Anerkennung, mit der zum Beispiel das Fach Deutsch rechnen kann. Noch immer kann man sich selbst als Gebildeter gelassen und ohne Furcht vor negativer Stigmatisierung der Inkompetenz in Mathematik selbstironisch rühmen; noch immer werden Texte geschrieben über „Alles, was man wissen muss“, die sich gelassen auf den sprachlich-historisch-philosophisch-

ästhetisch definierten, tradierten und gepflegten Sinnbestand einer Kultur konzentrieren. Aber die „andere Bildung“, Mathematik und die Naturwissenschaften, wird dabei explizit aus dem kulturellen Kanon ausgegrenzt – mit dem alten Vorurteil, dass sich „Bildung“ darüber vermeintlich nicht bestimmen lässt oder gar nicht notwendig bestimmt wird.

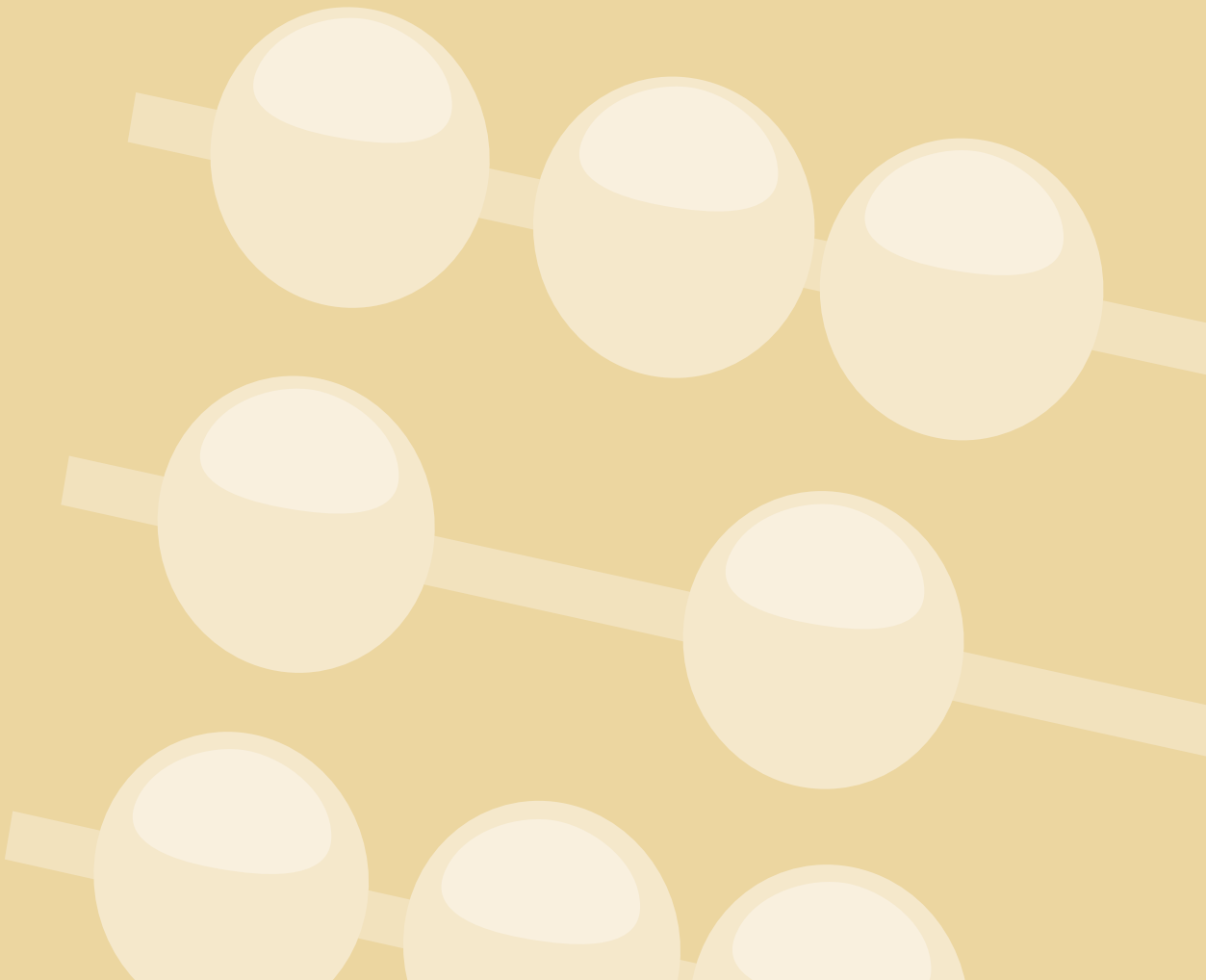
Folgeproblem für Berufsfindung und Qualifikationsbedarf

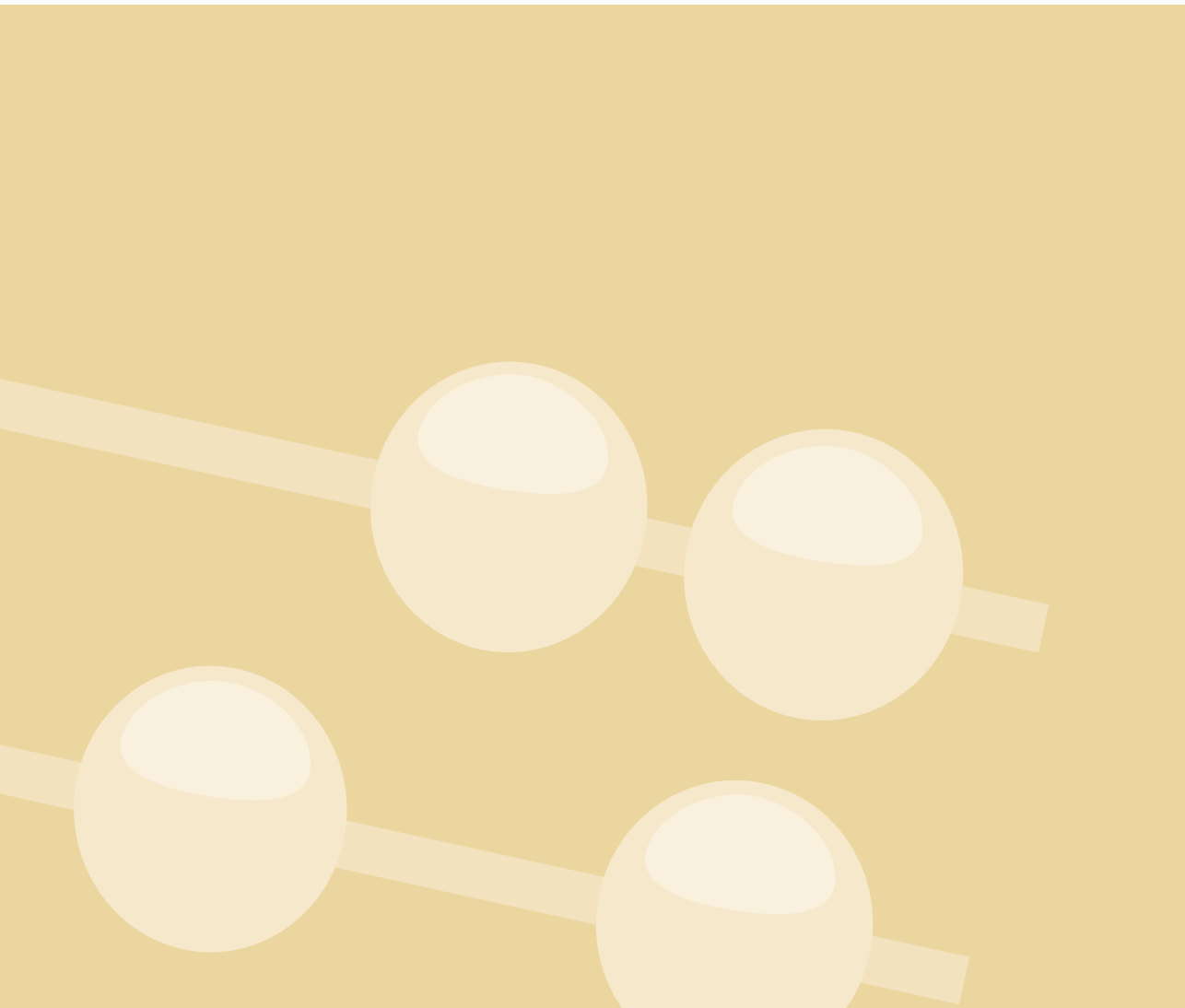
Im Blick auf die theoretischen Grundlagen und die Anforderungen der verwissenschaftlichten Zivilisation ist eine solche Reserviertheit heute aber allenfalls noch kurios und Indiz eines eitel gepflegten Bildungsphilistertums. In den Konsequenzen für Ausbildungsoptionen, Fachwahlen beim Studium oder für die Nähe und Distanz zu Berufen, die Mathematik als selbstverständliches Handwerkszeug der eigenen Praxis erfordern, ist solche Distanz individuell wie gesamtgesellschaftlich schon gefährlich. Den Individuen nimmt es die Handlungsoptionen für einen wesentlichen Bereich gesellschaftlicher und beruflicher Praxis, kollektiv koppelt man sich mit solchen Optionen von gesellschaftlich notwendigen und ökonomisch unentbehrlichen Entwicklungen ab. Zwar sind die MINT-Fächer – Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und die technischen Disziplinen – nicht ohne Grund in der jüngsten Zeit verstärkt beachtet worden und ihre Schlüsselrolle in der gesellschaftlichen Entwicklung wird wenigstens nicht mehr bestritten, aber auch dann spricht man öffentlich eher über Informatik, Naturwissenschaften und die technischen Disziplinen, weniger über die Kernkompetenz Mathematik. Dabei sollten allein schon die unverkennbar problematischen Befunde aus schulischen Leistungsmessungen für die Schlüsselrolle der Mathematik sehr viel sensibler machen. Insofern kann man mit Zufriedenheit notieren, dass das IPN Kiel jetzt Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik heißt und eine eigenständige Abteilung für die Didaktik der Mathematik eingeführt hat.

Zwischenfazit.

Vor dem Hintergrund dieser Befunde ist der Reformbedarf inzwischen unbestritten. Es mag auch zunächst gut begründet sein, dass sich die Reformanstrengungen ganz eindeutig auf das allgemeinbildende Schulsystem konzentrieren. Die Schule ist der erste Ort der Sicherung von Kompetenzen für alle Heranwachsenden und zugleich bietet sie die Lerngelegenheiten, die Kompetenzen bis zur exzellenten Beherrschung zu kultivieren und zu steigern. Aller intensiven Anstrengungen ungeachtet, kann man aber auch nicht übersehen, dass kritische Befunde bleiben: Angesichts der Stabilität solcher Defizitdiagnosen bedarf die alltäglich dominierende Praxis schulischer Arbeit noch einmal eines detaillierten kritischen Blicks und gleichzeitig muss man auch fragen, ob die ja unverkennbaren Reformanstrengungen in der richtigen Weise, nachhaltig und effektiv ansetzen, und auch, ob die Konzentration auf die Schule die Ursachen des Scheiterns hinreichend erklären und für Handlungsoptionen und den Umfang des Reformbedarfs ausreichend sensibel machen kann.

Die Praxis.





2. Programme, Implikationen, Leistungen, Reformen.

Mathematische Kompetenz wird aktuell vor allem im Bildungssystem konstruiert, von der vorschulischen Erziehung über die Grundschule bis in die Sekundarschule und die berufliche Bildung sowie im tertiären und quartären Bereich.

Mathematische Kompetenz – das dominierende schulische Modell.

In der Regel wird – vor allem seit den PISA-Studien und verstärkt durch die aktuell engagiert betriebene Einführung von Bildungsstandards in den Kernfächern der Schulen – Mathematische Kompetenz heute mehrdimensional gesehen. Dazu zählt, dass der Unterricht nicht nur den Erwerb von inhaltsbezogenen Kompetenzen in Leitideen wie Zahlen und Operationen, Raum und Form, Größen und Maßen oder Daten und Zufall ermöglichen soll, sondern auch allgemeine – prozessbezogene – Kompetenzen ansprechen muss, wie Probleme lösen, argumentieren, kommunizieren oder modellieren. Zum Standardmodell von Kompetenz gehört auch die Unterscheidung von Niveaustufen. Sie sind inzwischen durch die umfangreichen und wiederholt durchgeführten Messungen, aber auch im Kontext der Aufgabenentwicklung und der weiteren Arbeit an der schulischen Implementierung intensiv diskutiert worden, sodass sie einen aktuellen Standard über die Gestaltung von Lernprozessen im Bereich der Mathematik darstellen. Vor diesem Hintergrund werden für Mathematische Kompetenz aktuell die folgenden Niveaustufen unterschieden:

- (I) Anwendung von einschrittigen Routineverfahren in direkt erkennbaren Kontexten
- (II) Einfache Standardargumentationen und Anwendung bekannter Verfahren wie auch Durchführung einfacher geometrischer Konstruktionen
- (III) Anwendung einfacher Argumentationen, Strategien und Modelle, Analyse einfacher geometrischer Konstruktionen, Anwendung wenigschrittiger Operationen
- (IV) Mehrschrittige Argumentationen und Operationen wie auch Modellierung in komplexen Realkontexten und Erstellen zielgerichteter Darstellungen
- (V) Entwicklung komplexer Argumentationen, Fähigkeit komplexer Modellierungen, Einschätzung und Beurteilung von Modellen, Argumentationen, Operationen und Sachverhalten

In der Konzentration auf die Institution Schule wird zugleich sichtbar, dass die dominierenden Modelle von Kompetenz, auch die der Mathematischen Kompetenz, noch nicht durch ein eigenes, systematisch entwickeltes und forschungsfähig nutzbares Konzept der Entwicklung dieser komplexen Fähigkeiten fundiert sind, die im Kompetenzbegriff gebündelt werden. Entsprechend sind auch die Diagnosen über Problemlagen der Entwicklung, systematische Schwierigkeiten im Kompetenzaufbau und die Stufen und Ursachen seiner Gestaltung noch relativ wenig erforscht. Nicht selten ersetzen die Stufung der schulischen Lernsequenzen und die damit verbundene Lernorganisation die selbstständige Analyse der Entwicklungsbedingungen von domänenspezifischen Kompetenzen. Aber offensichtlich sind die statistisch leicht zu unterscheidenden und insofern graduierbaren Stufen der Kompetenz schon in der vorliegenden Gestalt nicht einfach auf Etappen schulischen Lernens rückführbar oder eindeutig auch entwicklungspsychologisch zu interpretieren, und sie sind auch sachlogisch keineswegs ohne Alternative.

Trotz aller Kompetenztheorie, es bleiben zentrale Fragen der didaktisch-methodischen Umsetzung ebenso offen wie Fragen der Kompetenzentwicklung: Wann – zum Beispiel – das Bruchrechnen in die Schule Einzug erhält, ist so wenig allein kompetenztheoretisch diskutierbar wie – im anderen Fall – die Einführung des Mittelhochdeutschen in den Deutschunterricht. Die Analyse der Kompetenzentwicklung bleibt neben der Konstruktion von Kompetenzmodellen ein eigenes Problem und Forschungsthema; Modelle und die Stufung von Kompetenz sind dafür ein notwendiges Hintergrundwissen, aber noch nicht das allein hinreichende Theorieangebot.

Der Kompetenzbegriff verbindet zwar pädagogische, fachdidaktische und lernpsychologische Überlegungen zu einer systematischen Einheit. In der bisherigen Debatte über die Konstruktion mathematischer Kompetenzmodelle und die Bedingungen der Entwicklung Mathematischer Kompetenz bleiben diese drei disziplinspezifischen Orientierungen auch erhalten, bisher insgesamt mit deutlicher Akzentuierung des Fachdidaktischen. Wie wenig plausibel derzeit die Fragestellungen und Forschungen der unterschiedlichen Disziplinen verbunden sind, das zeigt sich unter anderem in den Analysen von Problemstellen des Erwerbs mathematischer Fähigkeiten. Bei der Diskussion über Ursachen, etwa von Rechenstörung/Rechenschwäche werden lernpsychologische Ansätze zwar intensiv genutzt, aber noch kaum mit fachdidaktischen Forschungen eng verbunden. Neben der je disziplinären Zentrierung der Forschungen zum Kompetenzaufbau dominieren dann eindeutig und im Volumen nahezu monopolartig schulbezogene und dann wieder

schulstufenorientierte Arbeiten, meist noch konzentriert auf das allgemeinbildende Schulwesen. Eine Systematik des Kompetenzaufbaus und der Bedingungen der Kompetenzentwicklung ist dabei bisher nicht erarbeitet worden.

Wir geben deshalb im Folgenden einen knappen Überblick über den aktuellen Forschungsstand, über die Struktur und den Erwerb Mathematischer Kompetenz, auch um diese Konzentration auf Schule bewusst zu machen. Dabei lässt sich einerseits fragen, ob und inwieweit bereits jetzt Sequenzen und Gelenkstellen im Aufbau Mathematischer Kompetenz unterschieden und Schwierigkeiten klar benannt werden können, andererseits, ob sich individuelle Faktoren der Kompetenzkonstruktion identifizieren lassen. In dieser Perspektive kann das heute noch fehlende allgemeine Modell der Kompetenzentwicklung nicht ersetzt werden, aber fachdidaktische Erfahrung liefert schon jetzt Indikatoren für den reflektierten Aufbau mathematischer Lernprozesse.

Aufbau Mathematischer Kompetenz im (Vor-)Schulalter: Schlüsselstellen, Sequenzen und Probleme.

Der Aufbau mathematischen Verstehens beginnt im vorschulischen Alter, und zwar im Erwerb mathematischer Kompetenzen, die sich als Vorläuferkompetenzen und sogenannte Präkonzepte für das schulisch geforderte Lernen verstehen lassen. Auch wenn unter anderem Projekte in Zusammenarbeit mit Eltern belegen, dass sich Kinder schon vor der Schule mehr oder weniger in explizit mathematischen Fragestellungen aus allen zentralen Inhaltsbereichen der Grundschulmathematik (Zahlen und Operationen, Raum und Form, Größen und Maße, Muster und Strukturen sowie Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit) auseinandersetzen, ist das mengen- und zahlenbezogene Vorwissen offenbar von besonderer Bedeutung. Internationale Studien zeigen, dass sich ein erheblicher Teil der Mathematikleistung am Ende der Grundschulzeit durch die Kenntnis von und das Wissen über Zahlen und Mengen sowie Zählkompetenzen und frühe Rechenfertigkeiten bereits im letzten Kindergartenjahr vorhersagen lässt.

Ein aktuelles Entwicklungsmodell früher mathematischer Kompetenzen basiert auf drei Ebenen. Im Mittelpunkt der ersten Kompetenzebene steht die Ausbildung numerischer Basisfähigkeiten. Dazu gehört die angeborene Fähigkeit zur „unscharfen“ Unterscheidung von Mengen anhand ihrer Ausdehnung und Fläche, die mit zunehmendem Spracherwerb auch mit Begriffen wie „mehr“ oder „weniger“ verbunden wird. Zählfertigkeiten werden auf dieser Ebene allerdings unabhängig von Mengenbetrachtungen erworben und bestehen im Wesentlichen im bloßen Aufsagen der Zahlwortreihe. Im Mittelpunkt der zweiten Kompetenzebene steht der Erwerb einer Mengenbewusstheit von Zahlen im Sinne des Anzahlkonzepts. Zuerst werden Zahlworte groben Mengenkategorien zugeordnet (drei ist wenig, zehn ist viel, 100 ist sehr viel), danach präzisiert sich dieses Anzahlkonzept, sodass auch zwischen nebeneinanderliegenden Zahlen wie neun und zehn unterschieden werden kann. Auf der dritten Kompetenzebene schließlich wird das Verständnis für Anzahlrelationen adäquat entwickelt. Nun können Kinder das Verständnis für Mengen mit dem Verständnis von Zahlen als Anzahlen verbinden, d. h. sie durchschauen die Zusammensetzung oder Zerlegung von (An-)Zahlen („fünf“ lässt sich zusammensetzen aus „zwei“ und „drei“). Dabei bilden die Kompetenzen der dritten Ebene bereits erste Rechenfertigkeiten und somit den weiteren Aufbau eines arithmetischen Verständnisses.

Die bei den beiden ersten Ebenen gezeigten Kompetenzen können aus dieser Perspektive als mathematische Vorläuferfähigkeiten betrachtet werden. Ein solch fachspezifisches Vorwissen ist für den Schulerfolg offenbar bedeutsamer als allgemeine kognitive Faktoren wie Intelligenz, denn eine hohe Intelligenzleistung kann nur im eingeschränkten Maß kompensatorisch für Defizite in der (frühen) Lerngeschichte wirken. Der Aufbau des Verständnisses von Zahlen und Mengenrelationen sowie von Zählfertigkeiten ist allerdings individuell abgestuft: Die Entwicklung der einzelnen Kompetenzen kann sehr unterschiedlich – zum Beispiel im Tempo – und hinsichtlich der Zahlengröße variabel sein.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen entwickeln sich ein Verständnis von natürlichen Zahlen in allen ihren Darstellungen, Beziehungen und vernetzten Aspekten (Kardinal-, Ordinal-, Maßzahl-, Kodierungs-, Rechenzahlaspekt) sowie ein Verständnis für die Rechenoperationen mit natürlichen Zahlen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) einschließlich ihrer wesentlichen Eigenschaften. Dabei gilt ein umfassend entwickelter Zahlbegriff mit tragfähigen Vorstellungen als Grundvoraussetzung für das Rechnen. Auch wenn dem Rechnen komplexe heuristische Strategien zugrunde liegen, ist die Grundlage des Rechnens zunächst das sichere Vorwärts- und Rückwärtszählen.

„Der schulische Aufbau der Mathematischen Kompetenz von Individuen vollzieht sich nicht stetig.“

Die Ablösung vom zählenden Rechnen ist zentrales Anliegen des mathematischen Anfangsunterrichts und kann nur gelingen, wenn die Schüler Einsicht in Teil-Ganzes-Beziehungen erwerben und wissen, dass Zahlen zum Zweck des Rechnens geeignet zerlegt werden können. Ein Indikator für die im Grundschulalter zu entwickelnden adäquaten Vorstellungen von Rechenoperationen ist die Fähigkeit des intermodalen Transfers, das heißt das In-Beziehung-Setzen von Handlungen, Bildern, sprachlichen und symbolischen Darstellungen. Das in der Grundschule zu vermittelnde, darauf aufbauende Zahl- und Operationsverständnis wirkt sowohl propädeutisch für die Zahlbereichserweiterung zu den Bruchzahlen und negativen Zahlen in der 5. bis 7. Klasse als auch für den Aufbau von Fähigkeiten zum Modellieren – den Transfer von Realität in mathematische Begrifflichkeiten und umgekehrt. Der entscheidende kognitive Schritt ist hierbei der Abstraktionsprozess in der Wahrnehmung der mathematischen Objekte, die der Lernende jetzt als mentale Objekte wahrnehmen sollte und nicht mehr als physikalische, verbunden mit dem gleichzeitigen Aufbau inhaltlicher Vorstellungen. So ist etwa das Multiplizieren von Bruchzahlen nicht mehr nur ein Vervielfachen wie bei den natürlichen Zahlen, sondern umfasst auch ein Strecken oder Stauchen und kann entsprechend auch verkleinern. Bei negativen Zahlen beispielsweise erweitern sich die Interpretationsmöglichkeiten für das Minuszeichen: Insgesamt gibt es nun neben dem Minuszeichen als Operationszeichen zwei weitere Bedeutungen, nämlich als Vorzeichen und Inversionszeichen, die beide mit Vorstellungen zu Richtungen auf der Zahlengerade verknüpft werden müssen.

Solch höhere Stufen des Lernprozesses tragen konstitutiv zum Verstehen von Mathematik in Form verinnerlichter „Grundvorstellungen“ von mathematischen Gegenständen bei, die auch für den weiteren Lernweg bestimmend sind. Fehlen diese Grundvorstellungen oder sind sie nur mangelhaft ausgebildet, dann reduziert sich die erreichbare Kompetenz notgedrungen auf ein Manipulieren mit unverstandenen Regeln. Zugleich wird der in der frühen Sekundarstufe stattfindende Übergang von der Arithmetik zur Algebra, von Zahlen und zugehörigen Rechenoperationen zum Umgehen mit Variablen und Relationen, durch inadäquate Vorstellungen systematisch erschwert. Entsprechend birgt ein fehlender Aufbau von Vorstellungen über Flächen- und Rauminhalte auch für geometrische Berechnungen die Gefahr eines bloßen Formelanwendens – ebenfalls ein Indikator für die systematische Schwäche deutscher Schüler in den internationalen Leistungstests. Allgemein vollzieht sich der schulische Aufbau der Mathematischen Kompetenz von Individuen meist nicht stetig, vielmehr gibt es natürliche Sprünge und Probleme in dieser Entwicklung. Sie treten vor allem an gewissen Schlüsselstellen auf, an denen neue Vorstellungen aufgebaut oder

vorhandene erweitert werden müssen, die für ein Verständnis der zu erwerbenden mathematischen Begriffe, Methoden, Resultate oder Denkweisen notwendig sind, so wie etwa beim Übergang von den Zahlen zu den Variablen. An solchen Momenten werden die Weichen für eine entsprechende Kompetenzentwicklung gestellt. Die von Lernenden jeweils als Erstes aufgebauten Vorstellungen sind sehr stabil, selbst wenn sie inadäquat sind. Insofern ist es möglich, dass sich Fehlvorstellungen und Verständnisdefizite im Laufe der Zeit anhäufen und gegenseitig verstärken.

Das Phänomen der Unendlichkeit zum Beispiel eine der Schlüsselstellen für die Sekundarstufe II, zeigt sich bereits in der nicht abbrechenden Reihe der natürlichen Zahlen in der Grundschule, bei periodischen Dezimalbrüchen in Klasse 6 und in Flächeninhalts- und Umfangsberechnungen des Kreises in der Klasse 9. Werden in der Mittelstufe keine adäquaten Grundvorstellungen aufgebaut, reduzieren sich all solche Phänomene auf bloßes Formelrechnen und die ganze Oberstufenanalyse bleibt ein unverstandenes Spiel mit Formeln und Algorithmen. Zum Wahrscheinlichkeitsbegriff wiederum, dem in Curricula bislang noch eine eher randständige Bedeutung zukommt, gibt es so viele Fehlvorstellungen wie kaum zu einem anderen Begriff der Mathematik. Vor allem das Verständnis von Wahrscheinlichkeit als „Grenzwert“ relativer Häufigkeiten benötigt konkrete Erfahrungen – ergänzt durch Simulationen mit Computerhilfe –, um eine adäquate Vorstellung aufzubauen.

Das mathematische Modellieren begleitet den Lernprozess über die gesamte Schulzeit und verlangt auf jeder Stufe ein angemessen entwickeltes Verständnis, um dem bloßen Entnehmen von Zahlen und Größen aus gegebenen Sachaufgaben und der Fehlvorstellung von der Mathematik als einem bloßen Spiel mit Verfahren und Formeln ohne Lebensrelevanz vorzubeugen. Die Fähigkeit des Beweisens verschafft dann sowohl ein besseres Verständnis von Mathematik als auch einen tieferen Einblick in mathematische Theoriebildung, wozu auch ein Verständnis der Standards der mathematischen Evidenzgenerierung gehört. Die „akademische Mathematik“ verlangt schließlich die Erarbeitung eines axiomatischen Verständnisses, worin die Herausforderung liegt, die in der Schule vermittelte Sichtweise der Mathematik als „Grundbildung“ mit eigenem Wert um eine duale Sichtweise auf Mathematik zu erweitern, sodass man sie auch als ein deduktiv geordnetes und axiomatisch begründetes System zu verstehen und handzuhaben lernt.

Verhältnismäßig spät ist die emotionale Seite des (Mathematik-)Lernens entdeckt worden, der jedoch dann schnell ein erheblicher Stellenwert zugesprochen wurde. Die „Mathematik-emo-

tionen“ – etwa entlang den „Münchener Skalen“ durch Freude, Ärger, Angst, Scham, Hoffnungslosigkeit und Langeweile abgesteckt – prägen den Lernprozess, zum Beispiel indem der selbst erlebten Faszination von Mathematik weiter nachgegangen, Interesse für neue Formeln und Dimensionen des Rechnens geweckt beziehungsweise erhalten wird. Schließlich sollen positive Emotionen beim Lernenden gefördert werden, um die den Lernprozess bestimmende Motivationsqualität dauerhaft zu stabilisieren. Die Mathematik kämpft hier bei Lernenden mit wenig Interesse und Lernmotivation im Vergleich zu anderen Fächern, in der Schullaufbahn zumindest im Anschluss an die Grundschulzeit abnehmend, was sich schließlich auch an den Teilnehmerzahlen in Leistungskursen und später in den Immatrikulationen ablesen lässt.

Für den Mathematikunterricht hat sich gezeigt, dass das Interesse an den Lerninhalten steigt, wenn die Schüler ihren Handlungsspielraum mitbestimmen dürfen, und nicht allein der Lehrer, aber auch dann, wenn die soziale Einbindung, also die Kooperation in der Klasse, die Motivation fördert. Als wichtiger Punkt bleibt – wie es für die Schuldidaktik allgemein gilt –, dass die Lernfortschritte der Schüler mit positiver Selbstwertung einhergehen, das heißt der Schüler den im Unterricht behandelten Lehrstoff für sich selbst als wertvoll erachtet.

Auf der Basis solcher Schlüssel- und Gelenkstellen und der sachlogisch begründeten Einsicht in den hierarchischen Aufbau der Fähigkeiten lässt sich nicht nur die fachdidaktische Diagnose von Lehr-/Lernschwierigkeiten und deren Genese fördern. Es lässt sich auch die Konstruktion entsprechender Lehrgänge entwerfen, in deren Planung dann selbstverständlich die entwicklungspsychologischen und lerntheoretischen Erwartungen ebenfalls zur Geltung kommen, obwohl diese in der alltäglichen fachdidaktischen Arbeit nicht immer eindeutig mit den domänenspezifischen Fragen verbunden worden sind.

Differenzielle Entwicklungen und Herausforderungen.

Folgt man nicht allein der schulsystembezogenen oder institutionell geordneten Stufung von Lehr-/Lernprozessen, sondern ihren offenbar systematisch wiederkehrenden Problemen, so zeigen sich noch erhebliche Forschungs- und Theoriedefizite über die Möglichkeiten und Barrieren der Entwicklung Mathematischer Kompetenz. Sie zeigen sich vor allem,

wenn man den Ursachen unterschiedlicher Leistungsfähigkeit und dann neben den Lernformen Hochbegabter auch der Erklärung von Schwächen in der Präsenz mathematischer Leistungen nachgeht.

Rechenstörung

In ihrer Genese bisher nicht hinreichend geklärt sind die Bedingungen des als Rechenstörung oder als weniger spezifische, eventuell vorübergehende Rechenschwäche bezeichneten Umgangs mit mathematischen Themen, Problemen und Operationen. Das Phänomen ist zwar eindeutig – es gibt performatorische Defizite, die bei etwa vier bis sechs Prozent eines Altersjahrganges auftreten –, die Erklärungen schwanken aber bis heute: Die in diesem Feld dominante pädagogisch-psychologische Forschung sieht in der Regel zuerst Defizite im Arbeitsgedächtnis wie in der Erfahrung im Umgang mit Quantitäten, neurologisch orientierte Forschung argumentiert mit Störungen bei der Bildung nonverbaler Repräsentationen von Quantitäten im Zusammenhang mit schriftsprachlichen Schwierigkeiten, eine psychiatrisch-therapeutische Definition des Krankheitsbildes Dyskalkulie, die mit depressiven Symptomen korreliert. Fachdidaktische Arbeiten sind in der Regel qualitativ beschreibend angelegt, das heißt an Einzelfällen orientiert, und bieten Ansätze zur diagnosebasierten Förderung, die meist plausibel erscheinen, deren Wirksamkeit aber häufig noch nicht empirisch nachgewiesen ist.

Der Phänomenbefund heißt: Die Betroffenen, orientiert an den Untersuchungspopulationen meist Kinder im Grundschulalter, zunehmend aber auch im Bereich der Sekundarstufe I, machen eher mehr Fehler als andere Lernende, aber nicht systematisch verschiedene, was eine Diagnose ja erheblich vereinfachen würde. Ferner zeigen die Betroffenen eine deutlich langsamere Arbeitsgeschwindigkeit, etwa durch Verfestigung von Fingerzählstrategien, durch fehlende Flexibilität der Rechenstrategien und den langsameren Übergang zum Faktenabruf; das heißt die Kinder liegen in ihrer Lernentwicklung meist mehrere Jahre zurück. Allerdings sind die Ursachen der gezeigten Schwierigkeiten unklar: Es gibt – in erster Linie fachdidaktisch diagnostiziert – die Annahme, die Fehlerhäufigkeit beruhe im Wesentlichen auf unzureichend entwickelten numerischen Basiskompetenzen, die in der Regel in der Zeit des Übergangs vom Kindergarten zur Grundschule entwickelt werden, und auf fehlenden Rechenstrategien. Fachlich fundierte Förderung ist mittelfristig auch meist erfolgreich. Man kann also davon ausgehen, dass die gezeigten Schwierigkeiten in erster Linie auf Erfahrungsmangel im vorschulischen Bereich und auf mangelnde Lern- und Übungsgelegenheiten in der Schule beruhen.

Der andere – lern- und verhaltenspsychologische – Erklärungsansatz zielt dagegen auf die individuellen und organisatorischen Bedingungen der Lernsituation und des Lernprozesses sowie auf Defizite im allgemein-kognitiven Bereich. Diese sind durch eine rein mathematik-spezifische Förderung kaum zu kompensieren. Defizite beim Rechnen zeigen sich darüber hinaus unter Umständen auch bei vorliegenden kognitiven Beeinträchtigungen und Störungen unterschiedlichster Art. Allerdings führen diese nicht zwingend zu den beschriebenen Schwierigkeiten beim Rechnen, so können zum Beispiel blinde Kinder oder spezifisch Sprachgestörte mangelnde visuell-räumliche Informationen beziehungsweise mündliche Zähldefizite durch alternative Repräsentationsformate durchaus zuverlässig kompensieren.

Linktipp 
www.who.int

Entgegen der Definition der World Health Organization (WHO) zeigen Studien auch, dass der Intelligenzquotient nicht zuverlässig als Prädiktor herangezogen werden kann. Auch Schwächen in der Wahrnehmungs- und Motorikkompetenz üben keinen signifikanten Einfluss aus, wenngleich sich schwache sprachlich-phonologische Arbeitsgedächtnisleistungen bei der Entwicklung von Zählfertigkeiten und in der Bildung von Anzahlkonzepten hemmend auf die Entwicklung der sogenannten Vorläuferkompetenzen sowie auf das mengen- und zahlenbezogene Vorwissen auswirken können.

Rechenstörungen scheinen öfter bei Mädchen diagnostiziert zu werden; die geschlechtsstereotype Zuschreibung von mathematischer Leistungsfähigkeit übt aber – so darf vermutet werden – auch Einfluss auf die Diagnose von Rechenstörung und auf die spezifische Förderung bei Defiziten aus.

Linktipp 
www.kmk.org

Zusammenfassend lässt sich allerdings feststellen, dass die Forschungslage zum Gegenstand der Rechenschwäche wenig zufriedenstellend ist, offenbar sind sehr viele Faktoren zu berücksichtigen. Rechenschwäche bezeichnet deshalb in der einschlägigen Diskussion bis heute eher eine nicht hinreichend dimensionierte sowie theoretisch kaum geklärte Schwierigkeit als ein schon wohl definiertes Forschungsfeld – besonders in der Diagnose. Das lässt sich auch an dem Beschluss der KMK ablesen, die beim Umgang mit Rechenschwäche/-störung, im Unterschied zur Lese-/Rechtschreibschwäche, „Abweichungen von den allgemeinen Grundsätzen zur Leistungsbewertung“ ablehnt. Die Entwicklung geeigneter, differenzierter Diagnoseinstrumente in interdisziplinärer, das heißt psychologischer, sonderpädagogischer und fachdidaktischer Forschung muss also vorangetrieben werden, aber auch eine differenzierte Behandlung von Rechenschwäche in der Lehreraus- und Lehrerfortbildung könnte hilfreiche Erkenntnisse über Störbilder schaffen und mögliche Hilfsangebote

erschließen, vor allem aufzeigen, wie ein präventiv angelegter Unterricht dazu beitragen kann, das Auftreten von Rechenschwäche weniger wahrscheinlich zu machen. Auch wenn die überwiegende Mehrzahl der bislang vorliegenden Studien auf das Vor- und Grundschulalter bezogen ist, zeigen sich auffällige mathematische Leistungsdefizite auch in der Sekundarstufe. Diese sind allerdings im Vergleich zu den Studien zum Vor- und Grundschulalter von mehr Schwächen bei Erklärungen der Phänomene, bei Diagnoseverfahren und bewährten Förderangeboten geprägt. Hier liegt ein weiteres Aufgabenfeld für die Forschung und die Entwicklung von Hilfsangeboten begründet.

Begabung

Diagnoseschwierigkeiten und Probleme bei der eindeutigen Identifikation von Prädiktoren stellen sich ebenfalls im Bereich der Hochbegabung, der „mathematical giftedness“, aber auch genauso bei den „underachievers“. Die Orientierung an den Individuen und die primär pädagogisch-psychologische Analyse dominiert bis heute auch Studien in diesem Feld. Die einschlägige Forschung zum Beispiel über Hochbegabung kennt definitorische Vorgaben (die traditionelle Intelligenzforschung benennt hier den Richtwert von mindestens 130 IQ-Punkten im Test als Grenzwert), arbeitet aber im Wesentlichen mit allgemeinen Begabungs- beziehungsweise Intelligenzkonzepten, die für die Genese von „Hochbegabung“ wenig domänenspezifisch ausgearbeitet sind. In der alltäglichen Rezeption dieser Phänomene ist dann auch schwer zwischen genetischen und lerntheoretischen Erklärungen zu unterscheiden. Gravierende negative Umwelteinflüsse, aber auch spezielle intrapersonale Probleme können sogar dazu führen, dass die Begabung eines Kindes nicht erkannt und/oder nicht gefördert wird. Aktuelle Untersuchungen zufolge entfalten bis zu 30 Prozent der Lernenden eines Jahrganges ihre Begabung nicht im vollen Umfang – und werden als „underachiever“ bezeichnet. Verhaltensauffälligkeiten können die Folge sein; allerdings ist der Anteil hochbegabter, aber unterforderter Schüler unter den Verhaltensauffälligen wesentlich niedriger als allgemein vermutet wird.

Entdeckt wird Hochbegabung meist im siebten bis achten Lebensjahr von den Eltern. Der Prozess der Zuschreibung solcher Hochbegabung und ihrer Förderung ist zudem von der dominanten Rolle der Lehrkräfte geprägt, was sich für Deutschland beispielhaft an deren starker Präsenz bei der Rekrutierung von Schülern und besonders Schülerinnen für Mathematikwettbewerbe zeigt. Vergleichbar der Problemlage im Bereich der Rechenschwäche besteht auch beim Thema Hochbegabung ganz unverkennbar eine deutliche Diskrepanz zwischen empirischen Forschungsaktivitäten, vornehmlich der Psychologie, und wirksam-



Linktipp

www.dghk.de

„Vom höheren Unterrichtsniveau profitieren Schüler mit Migrationshintergrund und lernschwache Kinder.“

keitsorientierten Förderangeboten, die meist von Mathematikdidaktik oder Schulpädagogik entwickelt werden. Weiterführende Forschungen, die dann auch zur (Weiter-)Entwicklung bereichsspezifischer Diagnoseverfahren führen könnten, sind am ehesten in interdisziplinärer Zusammenarbeit möglich, denn das Phänomen der bereichsspezifischen Begabung (und Hochbegabung) ist so komplex, dass es kaum aus nur einer Richtung erschlossen werden kann.

Migration als Faktor

So schwer sich Befunde zu leistungsstarken und zu leistungsschwachen Mathematiklernenden zu einem zusammenhängenden Bild fassen lassen, so deutlich zeichnen sich im Bereich soziokultureller und geschlechtsspezifischer Prädiktoren und Bedingungen scheinbar eindeutige Aussagen ab. Für den Kontext der Migration wissen wir: Etwa ein Drittel aller Schüler in Deutschland kommt aus Migrantenfamilien; „Schüler mit Migrationshintergrund“, wie die meist genutzte Etikettierung lautet, haben generell deutlich schlechtere Bildungschancen, aber es besteht auch ein starker Zusammenhang zwischen der Mathematikleistung und der sprachlichen Kompetenz bei dieser Gruppe. Besonders problematisch ist, dass für die Mathematische Kompetenz sich auch die spezifischen „Vererbungs-“ und Überlieferungsmuster in der Generationsordnung zeigen: Schüler der „ersten Generation“ (im Ausland geboren) liegen in ihrer Leistung mehr als eine Kompetenzstufe unter den nativen Schülern und das gilt nicht nur für Deutschland, sondern auch für die meisten anderen OECD-Staaten; dagegen ist in Deutschland der größte Unterschied zwischen Lernenden der „zweiten Generation“ (selbst in Deutschland geboren, deren Eltern aber im Ausland geboren sind) und den nativen Jugendlichen (bei PISA: 1,5 Kompetenzstufen) identifizierbar.

Insgesamt ist aber der sozioökonomische Status in Deutschland der stärkste Prädiktor für die am Ende der Schulpflichtzeit erreichte Mathematikkompetenz, der zweitstärkste dann der Migrationsstatus. Für Lernende, in deren Elternhaus eine andere als die Verkehrssprache gesprochen wird, ist die Differenz im Bereich der Mathematikkompetenz besonders hoch. Vor diesem Hintergrund sind die Bemühungen einzelner Länder um Sprachtests vor Schuleintritt zu sehen, die indes mit der Schwierigkeit zu kämpfen haben, dass die Unterrichtssprache („Bildungssprache“) nicht die vorschulisch erworbene Alltagssprache darstellt, sodass Förderung in der Verkehrssprache ab dem Kindergarten zwar hilfreich, aber nicht hinreichend ist. Hier zeichnet sich die Notwendigkeit spezifischer interdisziplinärer, geschlechtsthematisierender und individueller Förderung ab.

Für Migranten schließlich, die bereits im Heimatland beschult worden sind, können bessere Testwerte festgestellt werden als für diejenigen, die nur in deutschen Schulen beschult wurden. Aus Studien zur Rechenschwäche liegt auch die Vermutung nahe, dass Schüler mit Migrationshintergrund häufiger in Schulen unterrichtet werden, die lediglich Grundanforderungen stellen, oder aufgrund fehlender Sprachkenntnisse sonderpädagogischen Klassen zugeordnet werden. Dann kann die festgestellte schwache Mathematikleistung aber auch durch Faktoren und Formen des Unterrichts erklärt werden. In Förderschulen ist der Unterricht nicht selten durch einen kleinschrittigen Wissenserwerb charakterisiert, sodass die didaktische Organisation des Lernprozesses selbst die Probleme erzeugt, die man später dem Migrationshintergrund zuschreibt, weil es den Schülern durch diese Unterrichtsmethode schwerfällt, Zusammenhänge zu verstehen. Vom höheren Unterrichtsniveau, also einem Vorgehen ohne Reduzierung auf einen kleinschrittigen Wissensaufbau, profitieren dann tatsächlich Schüler mit Migrationshintergrund und – zumindest in der Grundschule – lernschwache Kinder.

Unverkennbar konzentrieren sich die einschlägigen Studien für Bildungsförderung bei Lernenden mit Migrationshintergrund sehr stark auf Sprachkompetenz, sie nehmen weder die mathematischen Probleme eindeutig in den Blick, noch rekurren sie in irgendeiner Weise hinreichend auf Differenzen, die in den kulturell vermittelten Einstellungen zu Mathematik liegen. Vor allem komparativ angelegte Studien verweisen auf solche Differenzen, auch wenn die mitgeteilten Befunde bisher weder repräsentativ sind noch sich eindeutig kulturellen Traditionen zuschreiben oder in andere Kontexte übertragen lassen. Starke Indizien für eine andere Wertschätzung der Mathematik liegen zum Beispiel in Kasachstan vor – um einen so extremen wie viel genannten Fall zu zitieren. Anders als in Deutschland wird hier die Prämisse sichtbar, dass Mathematik als wesentlich für alle Universitätsdisziplinen gilt, so wie ja auch in Frankreich in den Lycées die Mathematik die dominierende Rolle einnimmt – und entsprechend selektiv wirkt, aber auch höhere Anerkennung einträgt. Lokale Traditionen im Kanon der gelehrten Bildung und Vorbildung wirken also relativ lange, so wie sie in Deutschland eher den philologisch-historischen Bereich begünstigen. Aber der Zusammenhang zwischen solchen kulturellen Traditionen und den gesellschaftlichen Verhältnissen ist auch nicht eindeutig: In der ehemaligen Sowjetunion zum Beispiel gehörte Mathematik zu fast allen Studiengängen, aber der technologische Entwicklungsstand ist deswegen nicht höher als in den USA, wo solche Vorgaben für den Kanon nicht existieren. In der Türkei wiederum ist in reflexiven Texten Mathematik der Inbegriff von Bildung – an deutschen Schulen und Universitäten und bei PISA-Tests werden solche positiven Konsequenzen kultureller Orientierung

aber bei türkischen Schülern nicht sichtbar. Auch in komparativer Perspektive zeigt sich damit erneut, wie schwierig die Dimension der Anerkennung von Mathematik zu fassen ist, aber auch, dass Kompetenzkonstruktion in der Breite von dort aus allein nicht erklärbar ist.

Gender als Faktor

Selbstverständlich ist auch der Aufbau Mathematischer Kompetenz nicht ohne Einbezug des Aspekts Gender zu diskutieren. Einerseits gibt es die erwarteten und bekannten Befunde: Frauen sind international, nicht nur in Deutschland, stark unterrepräsentiert in Mathematikkursen im höheren Sekundarbereich, in mathematikhaltigen Studiengängen und in mathematiknahen Berufen – auch wenn der Trend, exemplarisch an den USA zu sehen, deutlich auf egalitäre Verhältnisse hin verläuft; Frauen zeigen im Allgemeinen auch ein weniger hohes Leistungspotenzial. Dagegen zeigten erste Untersuchungen für das Kindergarten- und Grundschulalter sowie für den unteren Sekundarbereich seltener Berichte über geschlechtsspezifische Leistungsunterschiede. Allerdings hat die TIMS-Studie 2007 in Deutschland für die Klasse 4 bereits gravierende Geschlechterunterschiede festgestellt, die Deutschen Mathematiktests (DEMAT) für die Klasse 1 bis 4 zeigen große Unterschiede zwischen den Geschlechtern schon am Ende von Klasse 1.

Die Forschungslage ist noch nicht eindeutig genug, dass man schlussfolgern könnte, welche Wirkungen die spezifische Organisation schulischen Lernens hat. Offenbar ist das Problem aber für die gesamte Lernzeit wichtig. Vor allem über stereotypisierende Muster des Lernens, durch Zuschreibungen, Erwartungen und Bewertungspraktiken lassen sich diese Daten relativ plausibel erklären; Mädchen erhalten in der Mathematik offenbar von den Lehrern und Eltern auch weniger Unterstützung und Ermunterung. Trotz solcher aus der Gender-Forschung wohlbekannten Befunde muss man aber sehen, dass selbst bei der geschlechtsspezifischen Kontrolle der Belegung von Mathematikkursen und bei eindeutiger Unterstützung von Lehrern und Eltern (in diesem Beispiel von der 8. bis 12. Klasse) Jungen immer noch bessere Leistungen zeigen.

Man mag das auf zu späte Intervention schieben, hinreichend geklärt ist dieser Befund damit nicht. Andererseits gibt es auch Daten, die einen Trend zum Verschwinden geschlechtsbezogener Leistungsunterschiede nahelegen, wie zum Beispiel neuere Studien aus den USA, die keine relevanten Unterschiede im Leistungsverhalten der Geschlechter in der Mathematik zwischen Klasse 2 und 11 mehr belegen konnten (während andere Studien nach wie vor die Rolle der Lehrerzuschreibungen für die nach Geschlecht differenzierte Mathe-

matikleistung aufzeigen können). Das wirft dann wieder die Frage auf, in welchem Maße die je national-kulturellen Differenzen der Schulstruktur durchschlagen, und was es bedeutet, dass Frauen im Studium zum Teil schulische Defizite durchaus ausgleichen, wenn sie im Kontext des selbst gewählten Faches gefordert sind. Bei diesem fein ausdifferenzierten Modus diagnostischer Beobachtung von Motivations- und Leistungsunterschieden, Wahlverhalten und Lernmustern erweist sich zunächst aber nur eindeutig, wie groß der Forschungsbedarf in diesem Feld ist. Nicht nur, dass über die Forschungsinstrumente intensiver gesprochen werden muss, auch die Auswirkungen der aus schulischen Leistungskontexten und -messungen mitgeteilten Befunde auf alltägliches Leben und das Selbstkonzept der Akteure sind wenig geklärt, ja selbst die Auswirkungen von Koedukation und Monoedukation lassen sich heute nicht mehr präzise bestimmen. Ältere Studien, nach denen monoedukative Beschulung in Mathematik (und den Naturwissenschaften) eindeutig positive Effekte hat, können nicht mehr umfassend bestätigt werden, das heißt die Varianz in den Leistungen erklärt sich nicht mehr allein aus den nach Geschlechtern definierten Sozialformen des Unterrichts.

Auch komparative Studien, wie sie aus Arbeiten der OECD vorliegen, beseitigen die Forschungsprobleme und offenen Fragen nicht: Es gibt Trendaussagen, etwa dass Jungen ab 15 Jahren dazu tendieren, in Mathematik besser zu sein als Mädchen, aber das gilt nicht für alle Staaten und in Island zeigt sich sogar der umgekehrte Befund. PISA und andere OECD-Studien zeigen in Mathematik und den Naturwissenschaften im Allgemeinen eher geringe Unterschiede, andererseits aber auch, dass Mädchen im Lesen meist einen großen Vorsprung aufweisen. Diese Berichte legen natürlich auch immer nahe, dass Lehrkräfte einen entscheidenden Faktor für die Genese und den Ausgleich geschlechterdifferenter Leistungen und Vorlieben darstellen – und dass alle politischen Akteure deshalb nicht ohne Grund mehr von den Lehrern erwarten. Zur Relativierung solcher politischer Erwartungen muss man allerdings festhalten: Migration oder Geschlecht sind allein keine hinreichenden Erklärungen für Leistungsdefizite; denn Schicht- und Klassenverhältnisse beziehungsweise sozioökonomische Faktoren kommen übergreifend zur Geltung und andere Bedingungen, unter anderem der Schulkultur, behalten ebenso wie pädagogisch-professionelle Anstrengungen ihre eigenständige Bedeutung.

Mathematische Kompetenz in der beruflichen Bildung und Praxis.

Kompetenzkonstruktion und -erwartung sind nicht nur schulisch situiert, sondern ebenfalls in Ausbildung, Beruf und Hochschule verankert und auch hier zum Gegenstand jüngerer Forschung geworden. Selbstverständlich finden sich dann auch außerinstitutionell und jenseits formaler Lernwerte mathematische Fähigkeiten, die durch außerschulische, informelle oder lebenslang orientierte Lernprozesse erworben werden, unter die etwa die als „street mathematics“ bezeichnete Art des Umgangs mit Mathematik fällt.

Die Stellung Mathematischer Kompetenz in Ausbildung und Beruf

Betrachtet man die Berufsausbildung nach der Pflichtschule, dann hat sie als Ort der speziellen Bildung die Auszubildenden zunächst in den Anforderungen der jeweiligen Berufsfelder zu qualifizieren und zudem solche Orientierungen auszubilden, die sich mit den unterschiedlichen Erwartungen in der Berufsausübung verbinden. Dies umfasst auch, dabei nach fach-, also berufsspezifischen Kriterien auszulesen. Der Bedarf an Mathematik in diesen Ausbildungsprozessen richtet sich nach ihrer jeweiligen Funktion. Mathematik ist aktuell in der deutschen (Berufs-)Bildung zwischen einer spezifisch berufsbezogenen Ausbildung, in der sie die Position einer „Hilfswissenschaft“ einnimmt, und einer allgemeinen, nicht konkret auf die Berufsausübung bezogenen Ausbildung platziert. In der „dualen Ausbildung“ gilt Mathematische Kompetenz in allen Lehrgängen als Schlüssel, um Sachverhalte zu erklären, Fehler zu vermeiden und Sicherheitsrisiken zu messen und zu verstehen – ihre gewichtige Rolle für den Ausbildungserfolg wurde bereits oben genannt.

Das bis vor zehn Jahren noch gesondert in den Ausbildungsplänen ausgewiesene Fachrechnen, zum Beispiel in technischen Berufen, wurde als grundlegend sowohl für das Erlernen eines verantwortlichen Umgangs mit Werkzeugen und Maschinen als auch für das Verständnis und die Bewältigung der im Beruf alltäglich erwartbaren mathematikhaltigen Probleme angesehen, analoges gilt auch für das „kaufmännische Rechnen“ in kaufmännischen oder Verwaltungsberufen. Heute soll dieses mathematische Wissen, das im kaufmännischen Rechnen oder Fachrechnen vermittelt wurde, teils in der Sekundarstufe I bereits erworben werden, teils werden solche mathematischen Fertigkeiten von Computern übernommen. Während Mathematik in der Ausbildung für technische Berufe

weiterhin ihren Platz hat – zu nennen wären etwa algebraische Umformungen oder trigonometrische Funktionen –, ist die Funktion der Mathematik mit dem Verschwinden des Fachrechnens in den Berufsschulen deutlich geschwächt beziehungsweise als notwendige Fähigkeit nur in indirekter Gestalt vorhanden; fachspezifische Rechenfertigkeit als Auswahlkriterium ist zunehmend abgewertet. Das Berufsgrundschuljahr und das Berufsvorbereitungsjahr wiederum gleichen – vereinfacht gesprochen – primär Defizite der in der Sekundarstufe I versäumten Fähigkeiten aus. Über diese Bemühungen sind wir aus Forschungsprozessen noch nicht hinreichend informiert, außer dass auch im Kontext dieser Programme die Benachteiligung der sogenannten Risikogruppen in den kulturellen Basiskompetenzen sichtbar wird. Das offenkundige Defizit stellt jedoch eine noch kaum hinreichend geklärte Aufgabe an die Praxis wie an die Theorie dar: Können im jugendlichen Alter und danach diejenigen mathematischen Kompetenzen aufgeholt werden beziehungsweise überhaupt erst erworben werden, die in frühen Lernprozessen versäumt worden sind? Für die kumulativ strukturierte und aufgebaute Kompetenz in Mathematik sind solche nachholenden Prozesse – intuitiv plausibel – sehr viel schwieriger zu gestalten und zu fördern als etwa beim Sprechen, Schreiben und Lesen in der Verkehrs- oder Fremdsprache, da diese alltäglich genutzt werden und ihr Gebrauch teils unausweichlich ist. Didaktische und methodische Schwierigkeiten dürften aber im Vergleich ähnlich sein, auch wenn noch keine Ergebnisse aus komparativer Forschung vorliegen.

Die Bedeutung Mathematischer Kompetenz in Ausbildung und Beruf

Die Funktion der Mathematik im berufsbildenden Bereich ist insgesamt also ohne Zweifel bedeutsam, auch wenn sie meist nur wie selbstverständlich in den spezifischen Ausbildungsgängen vorausgesetzt wird; gleichzeitig zeigt sich, dass ihre Rolle sehr viel weniger analysiert ist als im allgemeinbildenden Schulbereich. Schon das breite Spektrum der Bildungsgänge im berufsbildenden Bereich wird in seiner Differenz häufig unterschätzt: Die nach Landesrecht, Berufsbildungsgesetz oder Handwerksordnung ausbildenden Berufsfachschulen zum Beispiel sollen das Niveau der Standards zum Mittleren Schulabschluss erreichen, spiegeln aber ohne bundesweite Vorgaben sehr verschiedene Umsetzungen wider. Fachoberschulen wiederum haben inzwischen studienvorbereitenden Charakter angenommen, sollen zur Fachhochschulreife führen und lehnen sich an den gymnasialen Lehrplan und den damit verbundenen Anforderungskatalog an. Aussagen über die Praxisanforderungen und die konkreten Ausgangspunkte mathematischer Bildung in der weiteren Ausbildung sind deshalb nicht eindeutig; der Transfer von allgemein vermittelter Mathematischer Kompetenz, wie sie aus dem schulischen Unterricht mitgebracht wird,

in spezifische Anwendungen in der beruflichen Praxis wird kontrovers diskutiert und ist bislang im Wesentlichen ungeklärt, ähnlich wie die Voraussetzungen und Anforderungen der Transferleistung innerhalb eines Überganges zur Sekundarstufe II und auf die Hochschule. Im Vergleich zur deutschen bemüht sich die internationale Forschung stärker, die Anforderungen an Mathematische Kompetenz sowie deren Bedarf für einzelne Berufe beziehungsweise auch für ganze Berufsfelder zu fassen (und überlässt die Bedarfsfrage nicht der Konstruktion von Prüfungsordnungen, sondern sucht sie in den Arbeitsprozessen selbst).

Erste, wenn auch eher vorläufige Ergebnisse sind für einige abgegrenzte Berufsfelder bereits vorhanden. Sie belegen das Paradox von vereinheitlichter Mathematik einerseits und spezifischer Anwendung in verschiedenen Berufsfeldern andererseits. Berufsspezifisch zeichnen sich dann verschiedene Anforderungen ab. Relativ neu sind Forschungen, die sich mit den Auswirkungen von Modellierungskompetenzen, die von Akteuren beruflicher Praxis oft gar nicht als mathematisch wahrgenommen werden, auf die Zufriedenheit des Einzelnen in seinem Beruf, etwa durch ein besseres Verstehen seiner Arbeitsprozesse, auseinandersetzen.

Aber insgesamt gilt: Man kann aktuell zwar unterschiedliche Anforderungsprofile an Mathematik im Kontext beruflicher Ausbildung und Arbeit vorstellen, allerdings können weder Arbeits- und Ausbildungsverhältnisse im Blick auf den Kompetenzerwerb als hinreichend analysiert angesehen werden, noch gibt es eine befriedigende Anzahl an Studien, die den Zusammenhängen von Arbeit und Beschäftigung, Beschäftigungsrisiko und Mathematischer Kompetenz in detaillierter Weise nachgehen und klare Kausalitäten aufzeigen. Gesichert ist dagegen die ernüchternde Tatsache, dass sich im sogenannten Übergangssystem und bei den Schwierigkeiten, Zugang zu qualifizierter Ausbildung zu finden, die schulisch erzeugten Defizite in den basalen Kompetenzen – Mathematik und der Verkehrssprache – als strukturell erzeugte Probleme nachhaltig und bis heute ohne grundlegende Besserung immer noch bemerkbar machen.

Kompetenzkonstruktion in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften.

Auf den angesehenen Status der deutschen Mathematik und ihren gleichzeitigen Kampf mit hohen Abbrecher- und Fachwechselquoten wurde bereits eingegangen. Solche Probleme hat nicht allein die universitäre Mathematik, förderlich wäre es allerdings, wenn sie dieses Thema disziplinspezifisch wirklich ernst nehmen und – den Empfehlungen des Wissenschaftsrates zur Steigerung der Qualität der Lehre folgend – diese Aufgabe innerhalb ihres eigenen Faches als zentrales Thema der Rekrutierung von Hochschullehrern und der Veränderung der Lehrpraxis aufnehmen würde. Das Fortbildungszentrum „Hochschuldidaktik Mathematik“ an den Universitäten Kassel und Paderborn etwa ist ein erster Schritt.



Linktipp

www.wissenschaftsrat.de

Ausbildung der Mathematiklehrkräfte

Neben der Rekrutierung des Nachwuchses in ihrer Disziplin rückt aus der Perspektive der Lehre die universitäre Mathematik auch wegen der Ausbildung der Lehrkräfte verstärkt ins Blickfeld. Lehrerbildung zählt in Deutschland insgesamt zu den Feldern, in denen ganz wesentlicher Handlungsbedarf besteht, die Ausbildung der Mathematiklehrer ist davon nicht ausgenommen. Die Entwicklung von beruflicher pädagogischer Kompetenz ist einerseits ein allgemeines Strukturproblem der Einrichtungen im tertiären Bereich, in der sogenannten zweiten Phase der Lehrerbildung und in der Zeit von Berufspraxis und -einstieg, insofern auch ein allgemeines Problem der Organisation der Lehrerbildung und Fortbildung in Deutschland. Andererseits ist vor dem Hintergrund der professionellen Erfahrung selbst und angesichts der einschlägigen Professionsforschung eindeutig herausgearbeitet worden, dass eine lernwirksame pädagogische Kompetenz nur angemessen zu entwickeln ist, wenn in der Lehrerbildung die zentrale Rolle der Domäne selbst, der Fachlichkeit des Wissens und der Fachdidaktik – als der domänenspezifischen Reflexion und Forschung des Lehrens und Lernens – angemessen berücksichtigt werden.

Während die Fachdidaktik Mathematik inzwischen als forschende Disziplin einen anerkannten Status erreicht hat, bestehen die institutionellen Routinen und Strukturen noch nicht, die in gleicher Weise auch den Prozess der Professionalisierung der Mathematiklehrkräfte vorantreiben. Nach wie vor sind die Lerngelegenheiten noch nicht hinreichend entwickelt, die zu sichern vermögen, dass die pädagogischen Berufe in der Mathematik die Qualität fachlicher und didaktischer Kompetenz erwerben, die für die schulische

Zur Sache

COACTIV

Die Studie untersucht die Kompetenzfelder von Lehrkräften in der Mathematik. Dabei soll die Frage beantwortet werden, welche Fähigkeiten eine Lehrkraft aufweisen muss, um Schülerinnen und Schülern Gelegenheiten zum verständnisvollen Lernen mathematischer Inhalte zu bieten. Die Studie wird vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, der Universität Kassel und der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg wissenschaftlich begleitet. Sie war 2003/2004 Bestandteil der PISA-Studie.

Arbeit notwendig ist. Einerseits fehlt eine klare und erprobte funktionale Differenzierung der unterschiedlichen Lernphasen entlang der Reihung universitärer, seminaristischer und berufsinterner Muster der Ausbildung mathematikbezogener Expertise. Denn diese institutionellen Phasen sind zwar erkannt, ihre jeweiligen definierten Erwartungen aber so wenig eindeutig wie die Curricula. Andererseits gibt es für die Übergangszeit in der Realisierung der als notwendig erkannten Kompetenzen der Lehrer zwar Modelle der Fort- und Weiterbildung, jedoch keine flächendeckende Umsetzung in den staatlichen Fortbildungsprogrammen und auch keine hinreichende Unterstützung durch die Profession selbst und ihre Berufsverbände.

Mathematik in der schulischen Praxis der pädagogischen Profession

Der dargestellte Zustand ist vor allem im Blick auf die Praxis der pädagogischen Berufe und der Handlungsmöglichkeiten in ihrer Arbeit ausgesprochen enttäuschend und problematisch. Wir verfügen heute über Befunde, welche die Konsequenzen pädagogisch-professionellen Handelns im Bereich der Mathematik erklären, die nicht nur die Varianz schulischer Leistungen besser nachvollziehbar machen, sondern auch eindeutige Anhaltspunkte für solche Interventionen bieten, von denen man sich eine Verbesserung der schulischen Leistung erwarten kann. In jüngerer Zeit besonders prominent geworden sind die zum Beispiel im Projekt COACTIV und TEDS-M betriebenen Forschungen über den Zusammenhang von Ausbildung und Fähigkeiten der Lehrpersonen sowie der Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit ihres Mathematikunterrichts.

Die genannten Studien haben zunächst jene Wissensreferenzen deutlich unterschieden, die für die Konstruktion professioneller Identität und Handlungskompetenz überhaupt Bedeutung haben, und zwar die (allgemein-)pädagogischen, fachdidaktischen und mathematischen Professionskompetenzen. Vor dem Hintergrund dieser Unterscheidungen und Referenzen haben die hier genannten jüngeren Untersuchungen dann zeigen können, dass guter und förderlicher Mathematikunterricht im Wesentlichen von einer stabilen beruflichen Identität abhängt, dass epistemologische Überzeugungen zu Lehr- und Lernprozessen und gegenüber Mathematik eine bedeutende Rolle spielen, und auch, wie sich die Konsequenzen von Ausbildungsprozessen zeigen. Die Studien haben ferner belegt, dass sich berufliche Kompetenz erst und primär aus der Verbindung von fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Kompetenz entwickelt und nicht so sehr von pädagogischem Wissen abhängt (sieht man von einer kleinen stabilen Gruppe von Lehrenden im Kontext der Hauptschule ab, die ihre Professionalität primär aus der pädagogischen Kompetenz ableitet). Zum „guten

Unterricht“ gehört zudem auch eine gehaltvolle Gestaltung der Stunde durch konsequente kognitive Aktivierung der Lernenden mit effektiver und schülerorientierter Unterrichtsführung; die Lerngruppengröße spielt im Rahmen der üblichen Zahlen dagegen für die Leistungsentwicklung offenbar keine wesentliche Rolle (ohne dass man ignorieren sollte, dass die Lerngruppengröße zum Beispiel für die Motivation und Belastungserfahrung der Akteure von großer Bedeutung ist).

Die Einzelheiten dieser Forschungen sind hier nicht so bedeutsam; zentral ist, dass sich domänenspezifisch Bedingungen des Kompetenzerwerbs zeigen und mit der Varianz von Unterrichtsqualität und Lehrerkompetenz erklärend verbinden ließen – die Lehrkraft ist offenbar die zentrale Variable im komplexen Feld des schulischen Lehrens und Lernens. Diese Befunde werden bekräftigt durch internationale Untersuchungen über die generelle Bedeutung von professioneller Kompetenz für die Berufspraxis, die sich letztlich in einem Konzept professioneller Identität niederschlägt. Hier konnte gezeigt werden, dass die berufspraktisch bedeutsamen „beliefs“, also Haltungen, Überzeugungen und generalisierte Handlungsstrategien, neben dem unabdingbaren fachbezogenen Wissen und den fachspezifischen Zielen eigenständige Verantwortung in der Planung, Durchführung und Auswertung von Unterricht und vor allem im Umgang mit Schwierigkeiten im Unterrichtsalltag besitzen.

Strategien der Fortbildung

Vor dem Hintergrund solcher Analysen und Theorien ist auch ein neuer Blick auf die Fortbildung von Mathematiklehrern möglich geworden. Diese Programme haben noch kein klares Profil innerhalb der unterschiedlichen Optionen gefunden, zum Beispiel zwischen dem Modell schul-externer Arbeit, die Innovationen an Lehrer vermitteln soll, und der schulinternen Praxis der Fortbildung, in der Lehrkräfte zusammen mit den Fachkollegen in Innovationsprozesse vor Ort eingebunden werden. Ungeachtet der insgesamt nicht befriedigenden Forschungslage, die besondere Probleme mit der Erfassung der Wirksamkeit von Fortbildung hat, zeichnen sich auch hier Befunde ab, die mit den oben zitierten Befunden über die Bedeutung der Erstausbildung vereinbar sind. Wirkung vor allem auf der didaktischen Ebene kann man dann erwarten, wenn in der Fortbildung Kohärenz zu bestehendem Wissen sichtbar wird, wenn sich die Programme an Haltungen und Methoden der Teilnehmer selbst orientieren und aktives Lernen und Fokussierung auf Wissen planen. Unabdingbar scheinen auch eine langfristige Anlage von Fortbildungen mit lehrgangsartigen Phasen sowie die Anregung zur Kooperationsunterstützung.

! Zur Sache

TEDS-M

Für die „Teacher Education and Development Study in Mathematics“ wurden im Jahr 2008 rund 2000 Lehrkräfte in allen 16 deutschen Bundesländern befragt. Neben Deutschland haben noch 16 weitere Länder teilgenommen. Ziel der Studie war es, das mathematische, mathematikdidaktische und erziehungswissenschaftliche Wissen sowie die professionellen Überzeugungen und die Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte der Primarstufe und der Sekundarstufe I zu untersuchen. Die wissenschaftliche Leitung lag für Deutschland bei der Humboldt-Universität zu Berlin und der Universität Hamburg.

Außerschulische Lernprozesse – Lebenslanges und informelles Lernen.

In der Konzentration auf schulisch geordnete Lernsequenzen, fachdidaktisch bestimmbare Schlüssel- und Gelenkstellen im kumulativen Aufbau Mathematischer Kompetenz sowie in der Orientierung an der disziplinären Konstruktion der Mathematik würden, so kann man gelegentlich kritisch hören, außerschulische Muster des Kompetenzerwerbs über Gebühr ignoriert. Es gäbe aber, so wird eingewandt, informelle, selbst organisierte und aktiv im Handlungskontext erworbene Zugänge zu Mathematischer Kompetenz, von denen man über die subjektiv bedeutsamen und alltagsrelevanten Muster des Kompetenzerwerbs durchaus lernen könne. Vor allem an Exempeln der alltäglichen Handhabung mathematischer Operationen, wie sie in der Forschung als „informal mathematics“, „everyday mathematics“, „ethnomathematics“ oder „street mathematics“ bezeichnet und in empirischen Fallstudien vorgestellt werden, hat sich die einschlägige Diskussion entzündet. Dazu gehört etwa – um ein bekanntes Beispiel aufzugreifen – die Aneignung arithmetischer Kompetenzen im Kontext des Straßenhandels bei brasilianischen Straßenkindern.

Im Ergebnis lernt man, wie zugespitzt gesagt werden kann, in diesen Beobachtungen zwar einen anderen Umgang mit mathematischen Problemen kennen, aber keine andere Mathematik. „Street mathematics“ stellt zwar einen Gegensatz zur schulischen Mathematik dar, nicht aber eine andere Art der Operationen, sondern zeichnet sich vielmehr durch differente Umgänge und situationsbedingte Anwendungen aus. Vor allem die Beherrschung einiger zum Beispiel für den Beruf notwendiger Berechnungen trotz mangelnder schulischer beziehungsweise mathematischer Bildung, wie sie im Straßenhandel, bei ungelernten Vorarbeitern oder Fischern vor allem in Entwicklungsländern vorkommen, stellt das analytisch interessante Phänomen dar. Das Ergebnis ist freilich eher enttäuschend, wenn man es für Lernprozesse generalisieren will; denn diese Art mathematischer Praxen weisen stets kontextuelle und situative Bezüge auf, an die sie im Erwerb, aber auch in der Handhabung gebunden sind und bleiben. Bedeutsam sind die Ergebnisse deshalb vielleicht auch eher im Kontext der motivationalen und volitionalen Bedingungen des Kompetenzerwerbs, belegen sie doch die Bedeutsamkeit der Alltagsrelevanz von Mathematik für den Erwerb von und die Suche nach Mathematischer Kompetenz. Während schulische Mathematik mehr zu abstraktem Denken führt, bleibt situiert erworbene Kompetenz konkreten Alltagsproblemen oder innerhalb der Arbeit entworfenen Methoden und damit dem kontextuellen Ursprung

verhaftet. Die fehlende Theorie des Erwerbs von Kompetenz kann sich deshalb von informellen Lernprozessen aus allein nicht begründen, aber sie kann sich natürlich aus dieser Empirie über die Motivationsdimensionen belehren lassen.

Eine vergleichbare Situation ergibt sich, wenn man den Erwerb und die Praxis von Mathematischer Kompetenz in den Kontext Lebenslangen Lernens stellt und dabei nach den besonderen Möglichkeiten fragt, die sich aktuell zum Beispiel aus der Nutzung des Internet ergeben. Hier ist beispielhaft die Entwicklung des internationalen „Weblogs“ zu nennen, der – wie auch in anderen Disziplinen – die Grenzen zwischen Laien und Experten zumindest formal durchbricht; der Anspruch solcher Blogs ist weit gestreut, es gibt sie sowohl von Fields-Medaillisten als auch von gemeinschaftlichen Lern- und Arbeitsjournalen. Sieht man noch ganz davon ab, dass diese Lernform in der fachdidaktischen Diskussion und in der Reflexion lebenslangen Lernens bisher nur wenig berücksichtigt worden ist und kaum einschlägige Forschung vorliegt, dann ist selbst für das Mathematiklernen typisch, dass das Internet eher als Suchmaschine zur Informationsbeschaffung fungiert und weniger als Lernmedium oder zum eigenständigen Aufbau von Mathematischer Kompetenz, auch wenn sich erste Versuche zeigen, eine „distance education“ mittels Internet als Alternative zur gewöhnlichen „face to face education“ zu etablieren. Außer von den Mathematikern und interessierten Laien wird das Netz natürlich in einem nennenswerten Umfang von Lehrern genutzt, „Lehrer Online“ etwa stellt mit insgesamt fast vier Millionen Zugriffen im Monat und mit über 6.100 Schulen als Nutzer das größte Portal für Lehrkräfte in Deutschland dar. Beispielhaft für ein an ein öffentliches Publikum adressiertes und erfolgreiches Projekt ist auch der Adventskalender von MATHEON mit über 10.000 Teilnehmern.

Prüft man nicht allein die Medien informellen und außerschulischen Lernens, sondern die expliziten Einrichtungen Lebenslangen Lernens, dann ist ihre Rolle für den Erwerb mathematischer Kompetenzen bisher anscheinend ebenfalls eher marginal. Zwar sind die Volkshochschulen zweitgrößter Anbieter von Haupt- und Realschulabschlüssen in Deutschland, so dass hier auch Mathematik unterrichtet wird, aber domänenspezifisch lässt sich die Rolle für Mathematik – anders als in Sprachkursen – bisher nicht belegen. Auch für die Didaktik nachholenden Lernens mathematischer Fähigkeiten sind wir aus empirischen Untersuchungen zur Weiterbildungspraxis verschiedener Weiterbildungsanbieter (VHS, Betriebe, Kammern etc.) wenig informiert; der Nachhilfemarkt wird von verschiedenen Weiterbildungsträgern ebenfalls erst seit Kurzem intensiv und systematisch bearbeitet. Bislang ist der Markt von den bekannten kommerziellen Anbietern beherrscht, also beispielsweise



Linktipp

www.lehrer-online.de



Zur Sache

Fields-Medaille

Die Fields-Medaille ist die höchste wissenschaftliche Auszeichnung für Mathematiker. Gestiftet wurde der mit 15.000 kanadischen Dollar dotierte Preis von dem kanadischen Mathematiker John Charles Fields als Ausgleich für das Fehlen eines Nobelpreises für Mathematik. Die Auszeichnung wird seit 1936 von der Internationalen Mathematischen Union auf dem Internationalen Mathematikkongress für herausragende Forschungsleistungen und Erkenntnisse verliehen.

von privatwirtschaftlich agierenden Nachhilfeinstituten, von Anbietern spezifischer Lernsoftware, aber auch von diversen Online-Anbietern. Um eine frühzeitige Bindung aufzubauen, werden Jugendliche hier inzwischen als eigene Zielgruppe betrachtet.

Linktipp 

www.oecd.org/piaac

Insgesamt gilt aber: Mathematik als eigenes Fach spielt in der Erwachsenenbildung kaum eine Rolle, auch nicht in der Programmentwicklung oder im Aufbau einer eigenständigen Didaktik der Weiterbildung beziehungsweise des nachholenden Lernens. Allerdings werden in einer Vielzahl von technischen, kaufmännischen und gewerblichen Fortbildungen gründliche mathematische Kenntnisse vorausgesetzt oder auch problembezogen und situiert vermittelt. Auch in der allgemeinen Weiterbildung – zum Beispiel in den Themenbereichen Gestaltung, Länderkunde, Steuer- und Rechtsfragen, Naturwissenschaften und Technik oder Umweltschutz und Ökologie – werden Mathematische Kompetenzen (geometrische, arithmetische und stochastische) stoff- und inhaltsimmanent aktiviert und entwickelt. Hervorzuheben ist, dass im Rahmen der in Vorbereitung befindlichen internationalen PIAAC-Studie (Programme for the International Assessment of Adult Competencies), die 2010 bis 2012 durchgeführt wird, neben der Problemlösefähigkeit und der Lesekompetenz auch die Mathematische Kompetenz (numeracy) der 16- bis 65-Jährigen gemessen und im internationalen Vergleich dargestellt wird.

Zur Sache

EdAge-Studie

Ziel des Forschungsvorhabens war eine Erhebung des Weiterbildungsverhaltens und der Weiterbildungsinteressen der 45- bis 80-Jährigen. Dabei standen neben der Beteiligung an formellen und informellen Bildungsformen vor allem die Anforderungen an die Bildungsmaßnahmen im Hinblick auf zentrale didaktische Handlungsfelder – wie Programmplanung, Beratung, Kursgestaltung, Marketing, Finanzierung und Lernorte – im Fokus. Durchgeführt wurde die Studie von 2006 bis 2008 von der Ludwig-Maximilians-Universität München.

In einem weiteren, vielleicht sogar unerwarteten und überraschenden Zusammenhang gewinnt die Mathematik im Kontext spezifischer Angebote verschiedener Weiterbildungsträger eine neue Rolle, nämlich für kognitive Trainings, die für Personen mit höherem Alter angeboten werden und auch Mathematik in ihre Programme einschließen. Solche Trainings, an denen sich bundesweit nach den Daten der repräsentativen EdAge-Studie 14 Prozent der 45- bis 80-Jährigen engagieren, haben nachgewiesenermaßen hohe positive Effekte auf die Gedächtnisleistungen und die fluide Intelligenz und sie fördern auch das allgemeine Wohlbefinden und die Aktivität im hohen Alter. Entscheidend scheint dabei zu sein, dass es immer wieder zu neuen Anregungen kommt und Mathematik kann eine solche produktive Anregung darstellen.

Zwischenfazit.

Versucht man ein erstes Zwischenergebnis über die vorliegenden Erkenntnisse zu Kompetenzstrukturen, -modellen und Kompetenzerwerb in unterschiedlichen Kontexten, auch im Blick auf anstehende Aufgaben der Forschung, dann zeigt sich:

- Das Modell Mathematischer Kompetenz, wie es im Kontext der Entwicklung von Bildungsstandards für schulisches Lernen in aktuellen Assessment-Studien ausgearbeitet wurde, ist sowohl in der Fachdidaktik als auch in der Fachwissenschaft relativ unbestritten.
- Weniger ausgearbeitet, jedenfalls nicht im gleichen Maße selbstverständlich und anerkannt, sind systematische Forschungen über den Prozess der Konstruktion und des Erwerbs solcher Kompetenzen, auch wenn es einen gut gesicherten Bestand von Wissen über notwendige Voraussetzungen für gelingendes Mathematiklernen und -verständnis in der Schule gibt.
- Ebenfalls lassen sich mit bekannten Faktoren die gemessenen schulischen Leistungsstände und ihre Varianz erklären: in der Organisation schulischen Lernens, aus lehr-/lerntheoretischen und entwicklungspsychologischen Bedingungen, schließlich auch durch Befunde aus fachdidaktischer Forschung.
- Bereits bei der Erklärung von Rechenschwäche wird jedoch sichtbar, dass lernpsychologische Erklärungen einerseits und fachdidaktische Zugänge andererseits nicht hinreichend ineinandergreifen, sondern bislang eher unverbunden nebeneinander stehen. Nicht zufällig zeigen sich in dem für die Förderung Mathematischer Kompetenz wichtigen Bereich der Erklärung von Leistungsschwäche und ihrer Überwindung beziehungsweise Prävention die ersten großen Defizite.
- Forschungsdefizite zeigen sich im verstärkten Maße, wenn man auch bestimmte soziale Voraussetzungen schulischer Leistungserbringung berücksichtigt, zum Beispiel den Migrationshintergrund, die soziale Herkunft und das Geschlecht, und wenn nach dem jeweils spezifischen Anteil gefragt wird, den diese Faktoren für die Konstruktion Mathematischer Kompetenz haben. Damit rücken neben den fachdidaktischen Themen stärker psychologische und allgemeine schulpädagogische Fragen in den Vordergrund.

- Forschungsdefizite ergeben sich eindeutig dann, wenn man den Bereich des allgemeinbildenden Schulwesens verlässt und in das berufsbildende Schulwesen mit der Frage eintritt, welche berufstypischen Anforderungen und Schwierigkeiten in der Mathematik sich hier zeigen und vor allem, wie nachholende Lernprozesse im Übergangssystem für den Erwerb Mathematischer Kompetenz Erfolg versprechend realisiert werden können.
- Auf sehr viel mehr offene Fragen als problemspezifisch plausible und für den Erwerb von Mathematischer Kompetenz aktuell generalisierbare Aussagen stößt man auch, wenn Bereiche des informellen und nonformalen Lernens, zum Beispiel die „street mathematics“, oder des lebenslangen Lernens, zum Beispiel in betrieblichen Einrichtungen und der VHS, betrachtet werden. Der Erwerb Mathematischer Kompetenz findet hier anwendungsorientiert und situationsspezifisch statt, aber er wird bisher weder theoretisch noch empirisch analysiert.
- Nimmt man neben der Arbeit an den Bildungsstandards nur den Prozess der Forschung über pädagogisch-professionelle Praxis, Überzeugungen und Kompetenzen – die in jüngerer Zeit national wie international erhebliche Fortschritte gemacht hat – zum Maßstab, dann ist der im Vergleich zu anderen domänenspezifischen Forschungen konsolidierte Stand der mathematikbezogenen Arbeiten unverkennbar. Die Erwartung besteht mit guten Gründen, dass die heute noch offenen Fragen innerhalb der mathematikdidaktischen Forschung künftig erklärungskräftig bearbeitet werden können und dass auch die praktische Bedeutung der Forschung noch deutlicher wird.
- „More research is needed“ – das mag als Alltagsdiagnose gerade in gut entwickelten Forschungsfeldern immer formuliert werden können, das wirklich herausfordernde Problem formuliert die Erziehungswirklichkeit: Angesichts des evident unbefriedigenden Standes der Mathematikleistung in der heranwachsenden Generation ist die Akzentuierung der offenen Fragen im Wissen über wesentliche Bedingungen der Konstruktion und des Erwerbs Mathematischer Kompetenz nicht nur berechtigt, sie beschreibt ein dringendes Desiderat.

Nationale und internationale Reformanstrengungen im Bereich der Mathematik.

Die Praxis hat hier wie stets ihre eigene Dignität, sowohl in der Problemwahrnehmung als auch in den Anstrengungen zur Steigerung der Qualität der pädagogischen Arbeit. Neben dem Blick auf die Forschung ist für die Klärung der Möglichkeiten und Bedingungen der Konstruktion Mathematischer Kompetenz deshalb auch ein Blick auf die Programme notwendig, die sich neben dem alltäglichen Betrieb der Schule und des Lernens die Förderung der Mathematik und der Mathematischen Kompetenz zum Thema gemacht haben. So wenig befriedigend die seit Langem verfügbaren und immer neu publizierten Beobachtungen über die große internationale Varianz in den Mathematikleistungen auch sind, sie haben bereits eine Fülle an Förderaktivitäten veranlasst.

Es gab und gibt dabei national und auch international ganz unterschiedliche Programme; sie verdanken sich neben den Defizitdiagnosen ganz differenten bildungstheoretischen, fachdidaktischen, schulpädagogischen und bildungspolitischen Kontexten und Zielen, sie verfolgen sehr variable Strategien der Förderung, institutionenbezogen und dann meist schulisch, im Lebenslauf heute meist mit dem Vorschulalter einsetzend und bis ins Jugendalter reichend, in den Adressaten universell und auf die gesamte jeweilige Alterskohorte bezogen, oder nur auf die Hochbegabungen zielend. Verantwortlich für diese Programme sind auch ganz unterschiedliche Akteure: der Staat, die Schule und die Lehr-Profession, wenn das Bildungswesen im allgemeinbildenden Bereich tätig wird; die einschlägige Fachwissenschaft und -didaktik mit ihren Fachgesellschaften, zum Beispiel in Deutschland 2008 im Jahr der Mathematik; daneben gibt es zivilgesellschaftliche Aktivitäten, private Förderung und – wenn auch nur selten zwischen den Akteuren klar abgestimmte – Aktivitäten von Stiftungen. Alle diese Programme unterscheiden sich schließlich nach dem personellen, finanziellen und zeitlichen Aufwand, den sie investieren können, und auch nach den Zielen beziehungsweise Kompetenzen, die sie ansprechen und anzielen.

So beeindruckend solche Aktivitäten sind, ihre Effekte – individuell, gesamtgesellschaftlich, ökonomisch und sozial – sind bisher nur in Ansätzen evaluiert. Ein Blick auf diese Programme lohnt dennoch, nicht allein weil sie neue Versuche inspirieren können, sondern auch weil man auf Schwierigkeiten der Programmgestaltung ebenso aufmerksam wird wie auf nicht intendierte Effekte reformorientierter Arbeit. Eine knappe Musterung der Programme

erlaubt schließlich, die Anstrengungen in Deutschland in den internationalen Kontext zu stellen und von produktiven Vorbildern für die eigenen Anstrengungen zu lernen.

Programme im vorschulischen Alter und in der Schule – vorschulische Förderung

Förderinitiativen im vorschulischen Bereich existieren national wie international in großer Zahl, wenn auch in unterschiedlicher Intention und Gestalt, evaluiert oder nicht evaluiert, staatlich oder öffentlich getragen. Hinsichtlich ihrer Adressaten, Inhalte und Methoden stehen alle diese Programme in einem zweifachen Spannungsfeld von einerseits individuellen Bedürfnissen, Begabungen, Interessen und kognitiven Entwicklungsständen in ihrer Methodik und Arbeit, andererseits zwischen aktivitätsorientierten Ansätzen, die von mathematisch reichhaltigen Situationen im Alltag und Spiel ausgehen, und verschulten Ansätzen gezielter Förderung von mathematischen Vorläuferfertigkeiten.

Aktivitäten zur mathematischen Frühförderung von Kindern ab drei Jahren sind in den Bildungsplänen der deutschen Länder in unterschiedlichem Umfang und Inhalt vorgesehen. Hier finden sich häufig Schwerpunkte in Bezug auf die Entwicklung von mengen- und zahlenbezogenen Kompetenzen. Dort setzen auch die bislang noch längst nicht flächendeckend greifenden individuell orientierten mathematischen Förderkonzepte an, wobei die Adressaten meist Kinder im Jahr vor der Einschulung sind. An Kinder ab drei Jahren, gegebenenfalls auch früher, richten sich auch aktivitätsorientierte Ansätze. Forschungsergebnisse darüber, für welches Alter die jeweiligen Ansätze sinnvoll und nachhaltig sind, stehen allerdings ebenso noch aus wie verwertbare Aussagen über signifikante Auswirkungen der verschiedenen Aktivitäten. Ein Problem ist aktuell auch, dass die meist genutzten Materialien und Konzepte zur Förderung von sogenannten Vorläuferkompetenzen und Präkonzepten teils stark voneinander abweichen. Standards für die Kompetenzen des vorschulischen Bereichs insgesamt oder für die Mathematik gibt es bislang nicht, sie werden bisher offenbar auch nicht geplant – und es ist zu fragen, in welcher Form sie überhaupt wünschenswert wären.

(Vor-)Schulische Förderung mit Eltern beziehungsweise Familien

Generell problematisch sind die noch ungenügend evaluierten und validierten Ergebnisse fachspezifischer Unterstützungsprogramme für Kinder mit prognostizierten potenziellen Schwierigkeiten – bisweilen als „Risikokinder“ etikettiert. Erste standardisierte Diagnoseverfahren bieten Ansätze, logische Operationen, Zählfertigkeiten und das Anwenden von Mengen- und Zahlenwissen von Fünf- bis Siebenjährigen und deren Schwächen festzustellen

beziehungsweise zu erheben und qualitativ zu beschreiben. Erste Befunde in Metaanalysen deuten an, dass Interventionsprogramme im Kindergarten im Vergleich zu reinen Familieninterventionsprogrammen effektiver sind.

Dennoch bleiben Eltern beziehungsweise Familien selbstverständlich ein zentraler Adressat für Förderprogramme. Die bisherigen Förderstrategien zum (vor-)schulischen Mathematiklernen mit Beteiligung der Eltern sind als Praxisprogramme international durchweg vertreten, aber auch diese sind bisher so gut wie gar nicht zum Gegenstand von Forschung geworden. Im Wesentlichen beziehen sich Aktivitäten und Informationen auf spezielle Kurse und Programme für Eltern, sie bieten Publikationen und Materialien für den Einsatz im privaten Haushalt, Hinweise für die Zusammenarbeit von Lehrern mit Eltern und für lokale Aktivitäten mit speziellen Zielgruppen. Zentrum solcher Aktivitäten, die seit den 80er-Jahren international zu finden sind und von denen es bisher in Deutschland nichts Vergleichbares gibt, ist Nordamerika, dann auch mit nachhaltigem Einfluss auf andere englischsprachige Länder wie zum Beispiel Neuseeland und Australien. In der konzeptionellen Anlage zu meist auf die „Principles and Standards for School Mathematics“ gestützt, bezieht sich die Mehrzahl von Aktivitäten aber auch hier auf das schulische Mathematiklernen im Bereich vom letzten Kindergartenjahr bis zur „middle school“; Programme, die sich an Eltern von Kindern ab zwei Jahren richten, sind deutlich weniger zu finden. Neben der Alters- bzw. Schulstufenorientierung spielt erwartbar der sozioökonomische und kulturelle Hintergrund der Eltern eine große Rolle. Die Initiativen richten sich vielfach an Migrationsfamilien, aber auch an Familien in strukturschwachen Regionen mit niedrigem Bildungsstand und geringem Einkommen. Zielgruppen spezieller Initiativen sind aber auch „natives“, Kinder mit Behinderungen und Mädchen.

Als Vorreiter von Förderstrategien mit Beteiligung der Eltern kann das US-amerikanische Programm „Family Math“ gelten, das mit mehr als 100.000 Teilnehmern in vielen US-Bundesstaaten sowie in Kanada, Costa Rica, Schweden, Südafrika, Puerto Rico, Neuseeland und Australien durchgeführt wurde. Mit der zentralen gleichnamigen Publikation sollen über Spiele und die Thematisierung alltäglicher Situationen (zum Beispiel Einkauf) mathematisches Denken und mathematische Fertigkeiten sowie eine positive Haltung zur Mathematik unterstützt werden. Das australische Programm „Families Count“ widmete sich vor allem dem Übergang von der Elementarschule auf die weiterführende Schule. Beide Programme und ihre regionalen Varianten sind im Wesentlichen curriculumbasiert und umfassen entsprechend Arithmetik, Geometrie, Größen und Messen, Wahrscheinlichkeitsrechnung und

„Frühe, noch vor Schuleintritt einsetzende Einbindung von Eltern kann prophylaktisch wirken.“

Stochastik, Muster und Strukturen sowie den Einsatz von Computern und Taschenrechnern. „Families Count“ thematisierte zusätzlich noch kognitive, affektive und motivationale Bedingungen des Mathematiklernens und alternative Bewertungsformen und konnte förderliche Effekte der von ihr untersuchten Strategien deutlich aufweisen.

Weitere regionale Projekte und Aktivitäten zur vorschulischen Bildung von Elternorganisationen oder Ministerien thematisieren in der Regel die Bedeutung von sogenannten mathematischen Vorläuferkompetenzen und Präkonzepten und geben Anregungen für das mathematische Denken der Kinder durch (Bilder-)Bücher, Materialpakete oder Empfehlungen für Bücher, Spiele und Filme.

Die Einbeziehung der Eltern und der Schule in Förderstrategien ist in diesem international beobachtbaren Exempel durchaus vielseitig: Förderung der häuslichen Bedingungen für das schulische Lernen, regelmäßiger Austausch mit der Lehrkraft, Rekrutierung der Eltern für schulische Fördermaßnahmen, Informationen und Anregungen, wie sie ihre Kinder bei den Hausaufgaben und anderen curriculumbezogenen Aktivitäten unterstützen können, wie auch ihre Einbindung als Mitglieder oder als Leiter von Schulkomitees in die Zusammenarbeit mit den lokalen Schulbehörden bei der Identifizierung und Integration von Hilfsmitteln und Dienstleistungen zur Unterstützung des Schulprogramms. Hürden bei der Gewinnung der Eltern für Förderstrategien, die sich auf der Basis der bisherigen, eher kasuistisch begründeten Erfahrungen abzeichnen, sind fehlendes Fachwissen und/oder Selbstvertrauen bei der Unterstützung ihrer Kinder in der Auseinandersetzung mit zunehmend komplexeren mathematischen Inhalten, auch Veränderungen in den Fachinhalten und in der Unterrichtsmethodik. Schließlich sind Lehrer und Lehrerinnen nicht hinreichend ausgebildet, Eltern anzuleiten, wie sie mit ihren Kindern zusammen Mathematik üben und betreiben können.

Hier gibt es aber gute Erfahrungen aus deutschen Initiativen: frühe, noch vor Schuleintritt ansetzende Einbeziehung von Eltern, vor allem aus sogenannten bildungsfernen Familien, können prophylaktisch wirken. Gerade in Bezug auf das vorschulische Mathematiklernen im Familiensetting kommen offenbar erhebliche soziale und kulturell bedingte Unterschiede zum Tragen, die man beachten – und weiter erforschen – sollte, wenn entsprechende Aktivitäten zur Einbeziehung von Eltern effektiv werden sollen. In den bisherigen Projekten haben sich auch starke Indizien für die These finden lassen, dass bereits die Thematisierung von Mathematik, wie sie zum Beispiel in der Familie praktiziert wird, für das schulische

Mathematiklernen besonders bedeutsam ist. Da für ein angemessenes Forschungsprogramm besonders authentische Situationen oder Diskurse im Mittelpunkt stehen müssen, ist der methodische Zugang zu Familien schwer. Es zeigen sich daher auch auf Tagungen, zum Beispiel die der European Early Childhood Education Research Association, überproportional viele Forschungsprojekte, in denen die Forschungsperson gleichzeitig Familienmitglied ist.

Vor dem Hintergrund dieser breiten international sichtbaren Aktivitäten, das ist der wesentliche Eindruck dieser überblickshaften Betrachtung vor- und primarschulischer Förderprogramme, fallen die Defizite im deutschen Sprachgebiet noch deutlicher auf. Förderaktivitäten, die sich an Eltern richten, gibt es hier deutlich seltener und eher lokal, obwohl die Bedeutung des Elternhauses für den mathematischen Kompetenzerwerb im Rahmen der PISA-Studie umfassend untersucht worden ist und in ihrer zentralen Rolle aufgewiesen wurde. Durchaus erfolgreiche internationale Programme, die sich gezielt an Eltern richten, wie zum Beispiel Hippy (Home Instruction for Parents of Preschool Youngsters), das auch in Deutschland verbreitet ist, sind in erster Linie an der Vermittlung von Sprachkompetenzen und der Förderung allgemeiner kognitiver Kompetenzen orientiert. Eine mathematische Ausrichtung gibt es bislang nicht und sie ist auch nicht geplant.

Hier existiert ein wesentliches Defizit, und zwar in zweifacher Hinsicht: Für die Anerkennung und für zeitgemäße Leitideen des Lehrens und Lernens von Mathematik muss einerseits schon im Elternhaus gearbeitet werden, da es auf die fachbezogene Motivations- und Kompetenzentwicklung direkten Einfluss nimmt, und andererseits müssen die Eltern gleichzeitig selbst befähigt werden, elementare Kompetenzen im Umgang mit Zahl, Maß, Raum und Form vorzubereiten und im alltäglichen Umgang sozialisatorisch zu stabilisieren.

Reformprogramme im schulischen Bereich

Im schulischen Feld der Förderung Mathematischer Kompetenz ist die Situation in Deutschland erkennbar besser, denn vor allem das Projekt „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS, 1998–2003) mit den Fortsetzungen SINUS-Transfer (2003–2005 und 2005–2007) hat umfassende und auch nachhaltige Bedeutung bei der Veränderung des Unterrichts gewonnen. Mit insgesamt über 15.500 Lehrern (darunter 2005–2007 etwa 15 Prozent der allgemeinbildenden Schulen in der Sekundarstufe I) hat SINUS eine in Deutschland bis dahin nicht erreichte Zahl an Adressaten einbezogen, die durch die Ausdehnung des Projekts auf die Grundschule (2004–2009 und 2009–2013) noch deutlich erhöht wird.



Linktipp

www.eecera.org

! Zur Sache

SINUS

Für den langfristigen, kontinuierlichen und letztlich professionellen Prozess der Optimierung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts beschrieb das Ursprungskonzept des SINUS-Programms elf Module. Diese waren für jede teilnehmende Schule frei wählbar und garantierten so bestmögliche Freiheit in der individuellen Ausgestaltung des Programms. Um vergleichbare Ergebnisse zu erlangen, gab das Konzept einen Rahmen von drei Prozessphasen (Probleme erkennen, Lösungen erarbeiten, Lösungen umsetzen und überprüfen) vor. Einheitliche Handreichungen und Empfehlungen sowie eine zentrale Koordinationsstelle unterstützten die Schulen bei der Umsetzung des Programms.

In diesem Projekt entwickelten Lehrer unter wissenschaftlicher Begleitung ihre Unterrichtsmethodik eigenverantwortlich in von der Schule ausgesuchten Modulen weiter. Interne Evaluationen, Unterrichtsbesuche und Rückmeldungen wirkten unterstützend; eine herausragende Rolle spielten die Koordination der Vernetzung sogenannter Sets aus mehreren Schulen – erst auf Bundesebene, später auf Landesebene – und die Kooperation zwischen den Lehrkräften der Mathematik beziehungsweise Naturwissenschaften. Die Projektleitung beurteilt diese Kooperation als wesentliche Grundlage des Projekterfolges.

Es gab länderspezifische Schwerpunkte, wobei die Förderung mathematischen Grundwissens und -verständnisses sowie des eigenständigen Lernens und insbesondere die Weiterentwicklung von Aufgabenkulturen verstärkt gewählt wurden.

Evaluationsstudien zufolge wird sich der Unterricht in den von SINUS zentral proklamierten Punkten jedoch nicht nachhaltig ändern, wenn die in Lehrplänen und Schulgesetzen kommunizierten Schwerpunkte weiterhin handlungsleitend sind. Dem Projektkonzept lag die These zugrunde, dass für die Ursachen des schlechten Abschneidens der deutschen Schulen in TIMSS und PISA Unterricht und Schule selbst wesentlich mitverantwortlich sind. Ein Blick auf die bei TIMSS besser abschneidenden Niederlande oder die Schweiz zeigt, wie wichtig neben Veränderungen in der Lernkultur ein von der Schulbehörde aufgebautes, gut funktionierendes Unterstützungssystem für die Schulpraxis und eine enge Zusammenarbeit mit universitären Institutionen sind.

Die Schwierigkeit der Nachhaltigkeit der Innovationen von SINUS beziehungsweise SINUS-Transfer ist offenbar durch zweierlei Faktoren geprägt: Zum einen sind die jeweiligen schulischen Unterstützungssysteme – Schulaufsicht, Lehrerbildung in der ersten und zweiten Phase sowie Hochschulen – schlecht über die Arbeit der anderen Akteure im Feld informiert, sodass zum Beispiel projektbezogene Errungenschaften der Lehrerfortbildung kaum in die anderen Systeme einfließen. Zum anderen sind die im Projekt teilnehmenden Lehrer zu großen Teilen bereits 20 Jahre oder länger im Schuldienst, sodass es mitunter an ihnen liegt, ihre jüngeren oder kommenden Kollegen am „Methodengewinn“ teilhaben zu lassen. Allerdings wich das noch Ende der 90er-Jahre in Deutschland überwiegende Gefühl des „Einzelkämpfers“ im Klassenzimmer bei den Lehrern durch SINUS bzw. SINUS-Transfer zunehmend einem neuen Klima. SINUS kann deshalb auch als ein Beispiel für einen Paradigmenwechsel in der Lehrerfortbildung verstanden werden. Offen ist allerdings, ob die professions- und schulintern wichtigen Effekte auch die Umwelten der Schule und

der Lehrer erreicht haben, ob sie bei Eltern oder den politischen Instanzen für höhere Anerkennung der Mathematik gesorgt haben.

Ein repräsentativer Stichprobenvergleich zwischen SINUS-Schulen und Schulen aus der PISA-Erweiterung 2003 zeigen auf Bundesebene schulartenspezifische Effekte des Projektes. Insbesondere Schulen mit mehreren Bildungsgängen und Integrierte Gesamtschulen konnten eindeutig von dem Projekt profitieren, ebenso Hauptschulen, nicht so hingegen Realschulen und Gymnasien. Auch die besonders geförderte „Kooperation“, die „interfachliche Unterrichtsabstimmung“ und die Anerkennung von „Innovationen im Unterricht“ beim Lehrerkollegium konnten an Haupt- und Realschulen sowie an Schulen mit mehreren Bildungsgängen gesteigert werden. Auf Länderebene finden sich teilweise unterschiedliche Ergebnisse: eine Vergleichsanalyse an hessischen Realschulen und Gymnasien zeigte, dass eine veränderte Lernkultur durch Veränderung der Aufgaben- und Unterrichtskultur in SINUS signifikant positive Effekte auf die Leistungen der Schüler und damit einhergehend auch eine deutliche Verringerung der Größe der „Risikogruppen“ zur Folge hatte. – Eine Fortführung von Programmen, die nachgewiesenerweise positive Effekte auf die Kompetenzentwicklung der Schüler haben, sollte obligatorisch sein.

Umfassende Förderprogramme im Bereich Mathematik, die sich speziell den sogenannten Risikogruppen zuwenden, gibt es trotz der diesbezüglich vorhandenen Probleme eher wenig. Ein Beispiel ist das vom Land Schleswig-Holstein begonnene Projekt Mathe macht stark, das 2009 mit zunächst 80 beteiligten Schulen gestartet wurde. Ziel des Programms ist die spezifische Förderung von sehr leistungsschwachen Jugendlichen in den Jahrgangsstufen 7 und 8, um so die Zahl der Schulabgänger ohne Hauptschulabschluss zu reduzieren. Das Land stellt für jede teilnehmende Schule drei Förderwochen inklusive speziell entwickelter Fördermaterialien zur Verfügung. Das Material dient vor allem dazu, Grundvorstellungen zu mathematischen Begriffen zu wiederholen beziehungsweise bei den Teilnehmenden erstmals aufzubauen, und setzt dabei gezielt an den bereits erwähnten Schlüsselstellen beim Mathematiklernen an. Das landesweite Förderprogramm wird über standardisierte Leistungstests evaluiert und mit einer Kontrollgruppe verglichen. Erste Ergebnisse werden für Ende 2010 erwartet.

Das österreichische Pendant zu SINUS, ähnlich bedeutungsvoll, ist Innovations in Mathematics and Science Teaching (IMST², 2000–2004). Es entstand aus dem Analyseprojekt IMST (1998–1999). IMST² betraf die Schulklassen 9 bis 13 von zuletzt 62 Schulen; wie bei SINUS dominierten Gymnasien. IMST3 (2004–2006) weitete sich auf die Sekundarstufe I aus,

IMST3 Plus (2007 – 2009) auf die Primarstufe und teilweise auch auf das Fach Deutsch. Während bei SINUS unter vorgegebenen Modulen zu wählen war, wählten Teilnehmer bei IMST² ihre Ausgangspunkte und Innovationen weitestgehend selbst. IMST² akzentuierte eher eine systematische Reflexion und Diskussion von „guter Praxis“ zwischen Experten und Lehrern.

Durch die Betonung individueller Förderungszugänge sind bei IMST² auf der Schulebene Kooperation und Koordination im Vergleich zu SINUS in den Hintergrund getreten. Zur Verzahnung der Institutionen und Akteure des Bildungssystems wurde mit IMST3 ein vom Bundesministerium in Wien getragenes Unterstützungssystem geschaffen, das sowohl regionale Zentren für Fachdidaktik und Schulentwicklung als auch landesweite Fortbildungszentren beinhaltet. So wirken die Interventionen von IMST in die Ebene der Universitäten hinein – ein Punkt, der bei SINUS nur marginal betrachtet wurde. Die Stärken solcher Netzwerke liegen zum Beispiel in der Förderung der Professionskompetenz von Lehrkräften durch Universitätslehrgänge oder in der Zusammenarbeit und dem Erfahrungsaustausch zwischen Lehrern und Hochschulangehörigen oder auch in deren stärkerer Sensibilisierung für Gender im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich. Evaluationen zu Effekten auf die Kompetenz der Schüler fehlen allerdings noch.

Gesamtstaatlich getragene, institutionalisierte Förderinitiativen – England und das NCETM

Eine ganz andere Strategie der Förderung des mathematischen Unterrichts und des Aufbaus mathematischer Kompetenzen wird in Europa insbesondere in England durch das NCETM (National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics) und in Schweden durch NCM (National Center for Mathematics Education) verfolgt. Nicht befristete Programme, sondern landesweite Institutionalisierung von Förderstrategien, Vernetzung und Organisation sowie Kooperationsstrategien sind hier das Instrument. Das in England 2006 von der Regierung eingerichtete NCETM ist die größte und bedeutendste Einrichtung in Europa und in ihrer Form weltweit singulär – daher wird es hier exemplarisch dargestellt.

Die Konzepte des NCETM strahlen international aus und adressieren die basalen Ansprüche der Förderung des Mathematikunterrichts durch eine Stärkung der Lehrenden – stets mit dem Ziel, alle Mathematiklernenden einen höchstmöglichen Standard beim Lernen dieses Faches erfahren zu lassen, was eine kontinuierliche fachspezifische Professionalisierung der Lehrenden voraussetzt. Das NCETM strebt hierbei die Zusammenarbeit mit Politikern, Mathematikern, bedeutenden engagierten Mathematikinteressierten, Lehrkräften,

Linktipps 

www.ncetm.org.uk

www.ncm.gu.se

Schulleitern und den Universitäten an, und zwar sowohl im Bereich der Mathematik als auch in der Fachdidaktik, sowie mit dem nationalen STEM-Programm (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Das NCETM selbst soll dabei eine leitende und verbessernde Funktion hinsichtlich der Koordination, der Erreichbarkeit von und des Zugangs zu Professionalisierungsangeboten im Sinne eines Continuing Professional Development (CPD) einnehmen.

Newsletter, die Presse, und veröffentlichte Anfragen anderer Lehrer sind unterstützende Faktoren in der Kommunikation. Im Fokus stehen in jedem Fall die Bedürfnisse und Ziele der Lehrkräfte aller Schulklassen und auch der Schulleiter sowie die partnerschaftliche Zusammenarbeit, sowohl im persönlichen Kontakt in initiierten regionalen wie nationalen Veranstaltungen und unterstützten Netzwerken als auch im Online-Austausch über die Homepage des Centers. Die Homepage bietet zudem zahlreiche Informationen zu Lehrmethoden und Professionalisierungsangeboten und neueste Forschungsergebnisse im fachdidaktischen und mathematischen Bereich. Die Online-Community umfasste im Sommer 2010 mehr als 43.000 registrierte Nutzer, davon (zum Beispiel im Herbst 2009) über 11.000 Sekundarlehrer aus etwa 3.300 Schulen, 7.800 Elementarlehrer und fast 3.500 Lehrkräfte aus dem Sektor der Weiterbildung.

Regionale Koordinatoren organisieren Professionalisierungsangebote, informieren über regionale und nationale Angebote, unterstützen Netzwerke und bieten Hilfe an. Über 800 engagierte Lehrer, Schulleiter und Rektoren stellen somit ein Bindeglied zu der sich regional etablierenden Professionalisierungsstruktur dar, wirken mit regionalen Koordinatoren für eine Verbreitung des NCETM und die Erhöhung der Nachfrage nach einer kontinuierlichen Professionalisierung, und stellen auch die stete praktische Untermauerung der Professionalisierung sicher.

Ein starkes Netzwerk mit anderen Institutionen – etwa der Teacher Learning Academy, dem Joint Mathematical Council of the United Kingdom, der Bowland Mathematics Initiative oder den Further Mathematics Support Programmen – regt eine steigende Nachfrage nach Professionalisierungsangeboten an und einen Austausch von praktischen Erfahrungen und innovativen Ideen. Solch ein Netzwerk sichert zudem auch regionale Präsenz, die sich als effektive Methode zur Erreichung von Lehrkräften bewährt hat – vor allem der nur schwer zu erreichenden jungen Lehrer oder derjenigen, die bislang wenig Unterstützung erhalten haben; detaillierte Forschung und Diskussionen, nationale und regionale Veranstaltungen sowie die Zusammenarbeit mit anderen staatlichen Organisationen haben einen breiten Korpus an Wissen zur Professionalisierung und Stärkung von Mathematiklehrern geschaffen.

Die bisher 80 Projekte (15 weitere waren für 2009/2010 geplant) zeigen, dass die aktive Einbindung der Lehrer in die Reflexion und in eigenständige Untersuchungen nachhaltige Wirkung in der schulischen Praxis zur Folge hatte. Das NCETM legte die Möglichkeiten und Strukturen fest, an denen sich die Lehrer in der „Erforschung“ ihres Unterrichts orientieren können. Die Aktivitäten des NCETM werden wissenschaftlich begleitet und evaluiert, insbesondere die Erfahrungen und die Einschätzungen der Lehrer. Positiv werden vor allem die zahlreichen Möglichkeiten bewertet, sich zu informieren, sich über praktisches Wissen auszutauschen und Ideen zu erörtern. Aus der Distanz des deutschen Beobachters überzeugt vor allem, wie die Förderung von Mathematik zu einer gesamtstaatlich getragenen und ausfinanzierten Aufgabe wird.

Wettbewerbe

Neben Förderprogrammen, die auf die Entwicklung von Schulen und die Steigerung der professionellen Kompetenz von Lehrern zielen, gibt es andere, die unmittelbar die Lernenden und Studierenden als Adressaten definieren und deren Kompetenz in Mathematik fördern wollen – durch Teilnahme an Wettbewerben, durch Auslobung von Preisen etc. . Ein erwünschter Nebeneffekt dieser Programme ist auch, dass die öffentliche Wahrnehmung und Akzeptanz von Mathematik gesteigert wird. In Deutschland – Ost wie West – haben solche Aktivitäten eine lange Tradition und eine eigene Kultur, allerdings auch – jenseits der Beteiligungsdaten – schwer messbare Effekte. Dennoch stellen diese Förderaktivitäten ein gewichtiges Standbein dar, um die Anerkennung von Mathematik zu steigern.

Linktipp 
www.mathe-kaenguru.de

Der 1995 in Deutschland noch in überschaubarem Umfang begonnene Wettbewerb „Känguru der Mathematik“ – eine Anspielung auf australische Multiple-Choice-Wettbewerbe der späten 70er-Jahre – umfasste nach stetig steigenden Teilnehmerzahlen 2010 etwa 8.500 Schulen und über 800.000 Teilnehmer der 3. bis 13. Klasse, meistens aus Nordrhein-Westfalen, Bayern und Berlin. Der 1994 in Frankreich begründete Wettbewerb wird inzwischen in 46 Ländern mit zuletzt insgesamt über 5,5 Millionen Teilnehmern national ausgeschrieben. Leitideen sind die Vermittlung von Spaß an der Mathematik sowie die Stärkung ihrer Attraktivität; Adressaten sind Mathematikinteressierte. Die Anmeldung und die Durchführung des Tests findet durch die Schulen und in diesen statt. Die Homepage bietet Material zur Vorbereitung der Teilnehmer. Es gibt Preise für jeden, die Besten aus den Klassen 9 bis 13 werden in international angelegte Mathe-Camps eingeladen.

Stetig steigende Teilnehmerzahlen verzeichnen auch „Jugend forscht“ und die „Internationale Mathematik-Olympiade“. An Ersterem kann man seit 1966 mit unter 21 Jahren zwischen der vierten Klasse und dem ersten Semester teilnehmen. Mädchen sind bei „Jugend forscht“ zu weniger als einem Drittel beteiligt. Mathematik gibt es nur innerhalb der Kategorie Mathematik/Informatik, die mit 9,3 Prozent aller Teilnehmer an stiefmütterlich vorletzter Stelle steht, nur vor Geo- und Raumwissenschaft; sie bietet keine zuverlässig geschlechtsdifferenzierten Zahlen.

Die „Internationale Mathematik-Olympiade“ ist ursprünglich ein Wettbewerb junger Mathematiker aus sozialistischen Ländern gewesen. An ihr nehmen nur Schüler unter 20 Jahren teil. Deutschland entsendet Preisträger aus bundesweiten Schülerwettbewerben, das heißt aus dem „Bundeswettbewerb Mathematik“, der „Deutschen Mathematik-Olympiade“ (De-Mo) oder aus der Kategorie Mathematik/Informatik bei „Jugend forscht“. Die besten sechs Teilnehmer bilden nach Selektionsprüfungen schließlich das Nationalteam. Das Projekt „Jugend trainiert Mathematik“ unterstützt jährlich 250 begabte Schüler der Klassen 7 bis 11, deren sechs Beste der 10. und 11. Klasse zur „Mitteleuropäischen Mathe-Olympiade“ entsandt werden. An der 1961/62 in der DDR gegründeten „Deutschen Mathematik-Olympiade“ nehmen seit 1996 alle Bundesländer teil. Die Teilnehmer ab der 8. Klasse nehmen zuerst an drei länderspezifischen Ausleserunden teil, dann an der vierten, bundesweiten. An der ersten Ausleserunde des „Bundeswettbewerb Mathematik“, in der Hausaufgaben von der Homepage des Wettbewerbs zu bewältigen sind – womit ein freier Zugang möglich ist –, nimmt seit seiner Gründung 1970 durch den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft eine stark schwankende Anzahl von Schülern zwischen 565 und über 3.100 teil.

**Linktipp**

www.bundeswettbewerb-mathematik.de/juma

Ein internationales Phänomen ist die deutliche Unterrepräsentanz weiblicher Teilnehmer. Deutschland zeigte in den letzten Jahrzehnten mit einem Relationsverhältnis von 28:1 die international größte Diskrepanz. Internationale Forschung hebt an dieser Stelle die nachhaltige Wirkung der Stereotypisierung von Mädchen und ihrem Potential performativer Leistung hervor. International weisen die Teilnehmer von Mathematik-Olympiaden dann auch ein einheitliches Bild aus, wenn sie meistens aus intakten, intellektuellen Kleinfamilien stammen. Für Deutschland wird hinsichtlich solcher stereotyper Beeinflussung die Überrepräsentanz der Lehrer im Prozess der Nominierung kritisiert, aber auch die schlechte Weitergabe von Informationen über Wettbewerbe an die Schüler.

Zivilgesellschaftliches Engagement.

Im Bereich des zivilgesellschaftlichen Engagements für die Mathematik – das zeigen schon die Wettbewerbe – sind verschiedene Akteure mit unterschiedlichen Programmen tätig.

Auf der Ebene elementarer, vorschulischer Bildung hat die Deutsche Telekom Stiftung hinsichtlich überregionaler bzw. bundesweiter Aktivitäten bislang eine Vorreiterrolle – andere adäquat übergreifende Projekte fehlen bislang. Mit dem Projekt Natur-Wissenschaften verfolgt die Deutsche Telekom Stiftung das Ziel, die (MINT-)Bildungsqualität in vorschulischen Einrichtungen zu verbessern, indem Erzieher sowohl in ihrer Praxis als auch in Aus-, Fort- und Weiterbildung unterstützt werden, um Kindern altersgerechte Kompetenzen in Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und Medien zu vermitteln. Besonders vor dem Hintergrund der immer wieder gewünschten Orientierungshilfen seitens pädagogischer Fachkräfte und angesichts uneinheitlicher curricularer Vorgaben gewinnen diese Aktivitäten an Bedeutung.

Für die Sekundarstufe I gibt es insbesondere lokale und dort produktiv wirksame Programme, wie eines der von der Stiftung Mercator im Rahmen ihres Projektes Schulen im Team unterstützen Vorhaben, das in allgemeinbildenden Schulen Duisburgs eingerichtet wurde. Mit Materialien und Handreichungen sollen Schüler der 5. und 6. Klasse einen gegenständlich veranschaulichten Zugang zur Mathematik bekommen und Mathematik kennenlernen. Durch lokale Kooperationen von Schulen in Nachbarschaft wird Lehrern die Möglichkeit geboten, sich über didaktische Ideen und Erfahrungen auszutauschen und den Unterricht gemeinsam zu gestalten und zu verbessern.

Linktipp 

[www.stiftung-mercator.de/
schulen-im-team.html](http://www.stiftung-mercator.de/schulen-im-team.html)

Für die Schule ist der alltägliche Unterricht die wichtigste Gelenkstelle. Hier sind der fachliche Gehalt und die Vernetzung des Unterrichtsstoffes verbesserungsfähig. Der Unterricht muss kumulativ, kognitiv stimulierend und begeisternd sein, Alltagsbezüge ermöglichen; er muss reichhaltige Gelegenheiten zum Kompetenzaufbau bieten, Defizite abbauen und Risikogruppen vermindern. Auch in diesem Feld engagieren sich Fördereinrichtungen, jüngstes Beispiel ist das Engagement des Fraunhofer SCAI und der WestLB-Stiftung mit Mathematik greifbar. Dabei steht die Förderung der fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Kompetenzen der Lehrkräfte im Zentrum.

Seit 1987 unterstützt beispielsweise auch die Klaus-Tschira-Stiftung den „Landeswettbewerb Mathematik Baden-Württemberg“ für Schüler der 5. bis 10. Klasse und auch den „Baltic Way Mathematical Team Contest“ – den bislang einzigen internationalen reinen Team-Wettbewerb im Bereich der Mathematik.

Auf der Ebene beruflicher Ausbildung fördert die noch junge Stiftung Rechnen das Projekt Mathe-Meister der Universität Münster, in dem Teilnehmer von Meisterlehrgängen ihre mathematischen Fähigkeiten einzuschätzen lernen und Defizite aufholen können. Im Bezug auf die Sekundarstufe II und die Hochschule gab es zum Beispiel den von der VolkswagenStiftung finanzierten Wettbewerb „Perspektiven der Mathematik an der Schnittstelle von Schule und Universität“, der Projekte förderte, welche die Attraktivität des Faches und das Bewusstsein der Bedeutung der Mathematik bei Schülern und Studierenden erhöhen wollen.



Linktipp

www.stiftungrechnen.de

Im tertiären Bereich ist exemplarisch das Projekt Mathematik Neu Denken zu nennen, das Lehramtsstudierende beim Erwerb berufsbezogenen Fachwissens unterstützt, oder der Hochschulwettbewerb MINT-Lehrerbildung, deren Sieger – die Technischen Universitäten Dortmund und München, die Freie Universität Berlin sowie die Humboldt-Universität zu Berlin – bei der Umsetzung neuer Ideen und Konzepte in der Lehrerbildung in den MINT-Fächern gefördert werden. Darüber werden besonders innovative Angebote und Herausforderungen finanziert, die die Hochschulen unterstützen, das Studium der mathematischnaturwissenschaftlichen Fächer attraktiver und effektiver zu machen sowie auch die Lehrerausbildung selbst neu zu gestalten. Beide Projekte werden von der Deutsche Telekom Stiftung unterstützt. Sie fördert zusätzlich mit dem Projekt PIK AS bis 2012 die Implementierung des neuen Primarschullehrplans für Mathematik in NRW seit dem Schuljahr 2008/09. Der in der Regel durch mangelhafte Begleitung des Implementierungsprozesses belasteten Einführung neuer Lehrpläne soll hiermit erfolgreich entgegengewirkt werden.



Linktipp

www.telekom-stiftung.de/mathematik

Die Stiftung Mercator und die VolkswagenStiftung wiederum ziehen bereits erste Konsequenzen aus den hohen Abbrecher- und Wechselquoten im Mathematikstudium: Beide Stiftungen fördern im Rahmen ihres Programmes Bologna – Zukunft der Lehre bundesweit drei Fortbildungszentren für eine Hochschuldidaktik Mathematik, auch um für die Probleme im Zuge des Bologna-Prozesses konstruktive Lösungen zu finden.

Das durch Vorträge und Veranstaltungen an eine breite Öffentlichkeit adressierte Jahr der Mathematik 2008 war ein Erfolg und erfuhr ein enormes Medienecho – nach Meinung der



Linktipp

www.jahr-der-mathematik.de

Initiatoren vor allem wegen des Polarisierungscharakters des Themas Mathematik: schließlich habe jeder Erfahrungen mit Mathematik in seinem Leben gemacht und reagiere darauf sensibel. Besonders ungewohnte, das heißt schuluntypische Zugänge zur Mathematik erfuhren eine große Resonanz und einen regen Zulauf, wie etwa das Mathematik-Filmfest „Alles ist Zahl“, die Ausstellung „Imaginary“, die seit 2008 international an wechselnden Orten zu sehen ist, oder die Ausstellung „mathema“ im Deutschen Technikmuseum Berlin. Unterstützt werden diese Projekte unter anderem von Gesamtmetall und der Deutsche Telekom Stiftung.

Das Internet stellt selbstverständlich eine unübersichtliche Fülle an Förderungsmöglichkeiten verschiedenster Akteure zur Auswahl. Das „plus magazine“ etwa bietet, unterstützt unter anderem von der Royal Astronomical Society und der Cambridge University, einen Einstieg in die „Welt der Mathematik“, die Seite mathematik.de informiert zum Beispiel über Neuigkeiten aus der Mathematik und bietet Erklärungshilfen für die Themen der Mittel- und Oberstufe; sie wird von der Ergo Versicherungsgruppe gefördert. Internetseiten, um sich im Lösen mathematischer Aufgaben zu üben, oft mit alltäglichen oder spielerischen Kontexten, sind vornehmlich vom Prinzip des „drill and practice“ gezeichnet, das heißt es wird eher ein routinierter Umgang mit Aufgaben antrainiert, als dass Methoden zum Lösen und ein Verständnis gefördert werden. Empfehlenswert sind unter dieser Berücksichtigung zum Beispiel die Angebote von „Birmingham Grid for Learning“, von der Stadt selbst finanziert.

Linktipp 

www.plus.maths.org

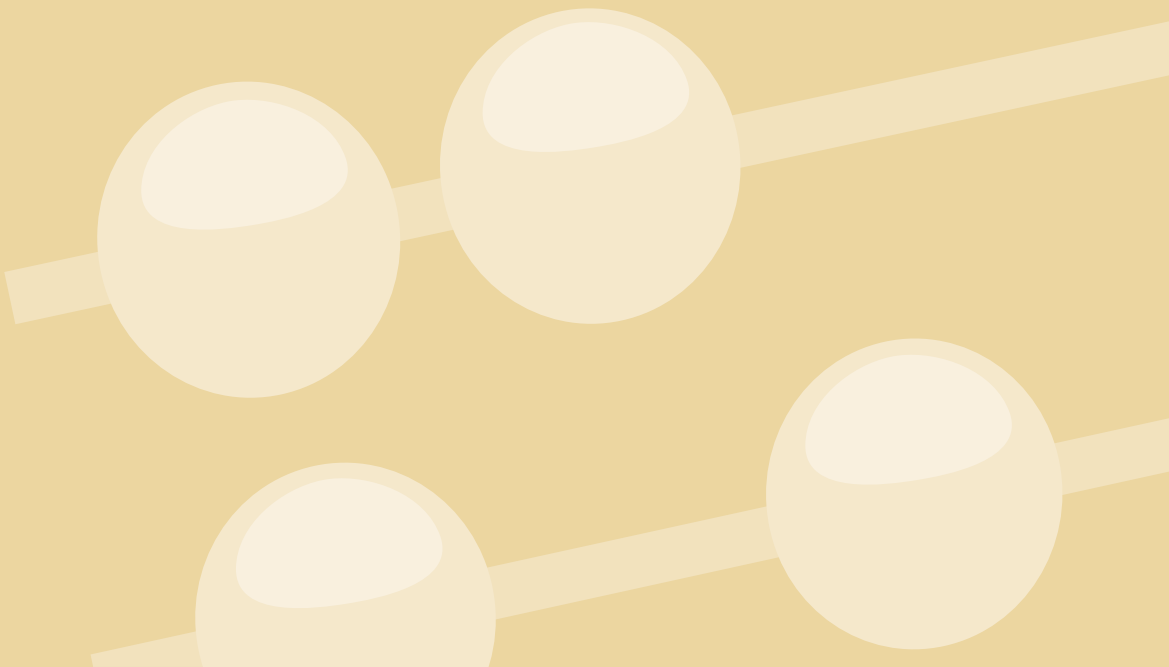
Zwischenfazit.

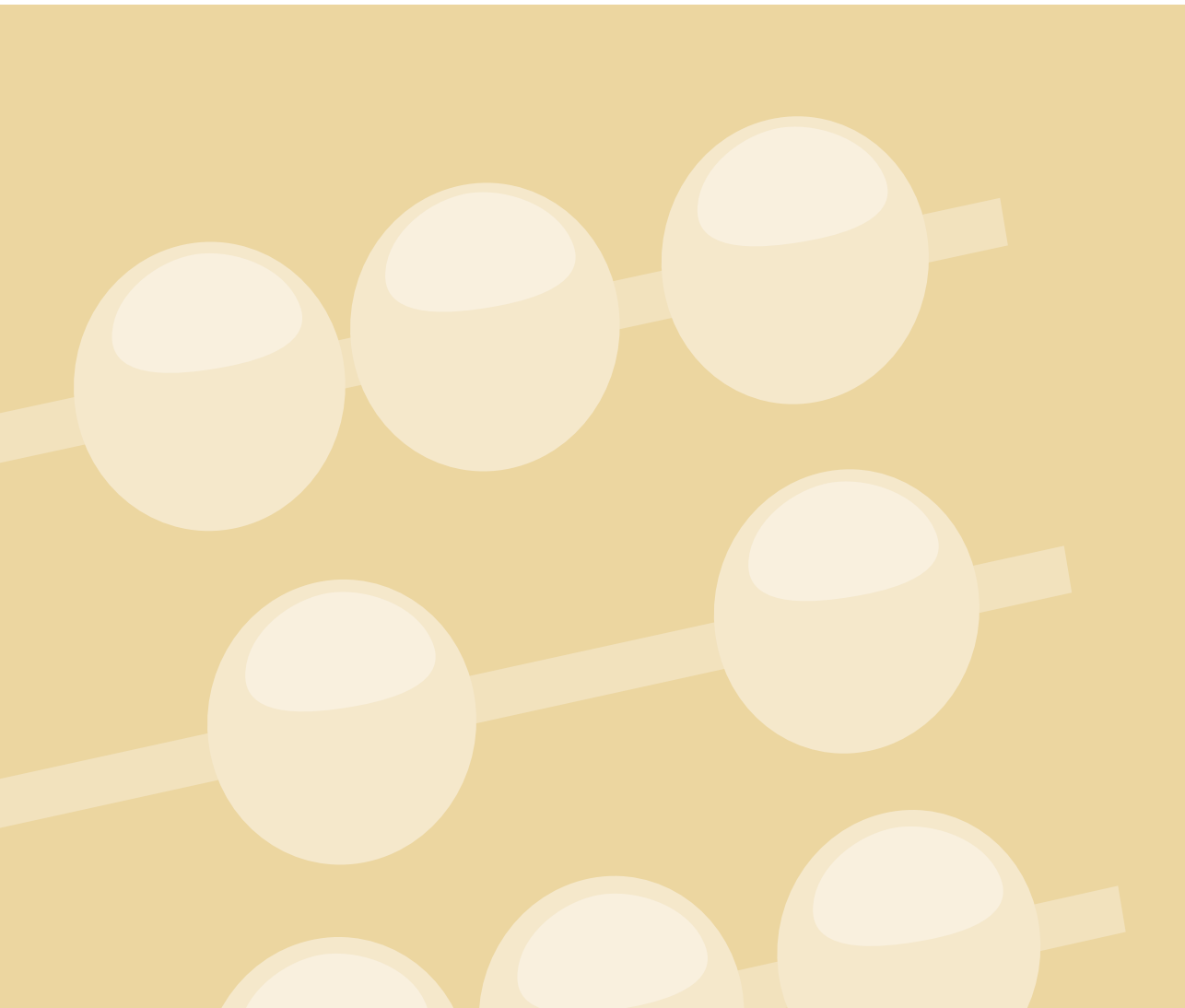
Nach der Darstellung der Themen und Adressaten, der Programme und deren Ziele, der Effekte und Praktiken der Förderprogramme kann man auch hier knapp resümieren:

- Unverkennbar existiert ein relativ breites Angebot an Förderaktivitäten im Bereich der Mathematik.
- Diese Programme sind insgesamt im Blick auf die Adressaten sehr stark auf die Lehrenden und Lernenden im pflichtschulischen Bereich konzentriert, also auf systematische Lerngelegenheiten – curricular und professionell – begrenzt. Weder gibt es breit erprobte Programme im Bereich der beruflichen Bildung noch klar erkennbare Programme für die Einrichtungen der Weiterbildung oder für außerschulische Lernprozesse.
- Einen relativ wenig beachteten Bereich stellt die kompetenzspezifische Diagnostik und Förderung dar; lehrerunabhängige, alltagstaugliche und in standardisierten Tests verfügbare Formen der Diagnose und Methoden der diagnosegeleiteten Förderung aller Schüler – speziell auch von Begabten sowie „Risikogruppen“ der Mathematik – sind noch nicht vorhanden, sie befinden sich auch nur zum Teil in der Entwicklung.
- Für die als „Risikogruppen“ etikettierten sozialen Gruppen gibt es vor allem Programme im vorschulischen Bereich; Programme zu einer späteren oder nachschulischen mathematischen „Alphabetisierung“ fehlen weitestgehend.
- Programme zur Professionalisierung haben national wie international inzwischen eigene Tradition und finden auch brauchbare Förderformen, eine Integration in den Alltag der Lehrer der Mathematik findet bisher allerdings kaum statt, auch nicht die Generalisierung über Einzelprogramme hinaus oder die Abstimmung zwischen den Programmen.
- Die Förderprogramme sind – unabhängig von Adressaten und Trägern – in der Regel befristet, das Zusammenspiel staatlicher Instanzen und zivilgesellschaftlicher Träger ist wenig erprobt.

- Ein zentrales Defizit stellt die Evaluation der Programme dar. Mehr als punktuelle Evidenzen liegen nicht vor, komparative Studien – vergleichend über Programme, Adressaten, Länder (etc.) – gibt es gar nicht, sodass es zwar kasuistisch Begründungen über den Sinn und Nutzen der Programme gibt, bis heute aber keine umfassenden und transferfähigen Informationen vorliegen.
- Nationale Differenzen sind unverkennbar. Sie zeigen sich in den Formen der Institutionalisierung von Förderprogrammen – in Deutschland gibt es zum Beispiel kein Pendant zu der englischen oder schwedischen Förderpraxis – aber auch in den Mustern der Anerkennung von Mathematik, für die es nur wenige Förderprogramme in Deutschland gibt.
- Wettbewerbe machen Mathematik als Thema sichtbar, außerdem hat das Jahr der Mathematik hier intensiv vorgearbeitet, es fehlen aber auch hier Anschlussprogramme und vernetzte Förderaktivitäten, etwa zwischen dem Staat und den aktiven Stiftungen.
- Bisher fehlen auch Studien zur Evaluierung der Effekte öffentlicher Programme wie etwa der Veranstaltungen zum Jahr der Mathematik oder des Mathekalenders. Auch bleibt die Öffentlichkeit trotz solcher Aktivitäten stabil in ihrer Distanz zu Mathematik.
- Der Mitteleinsatz ist der Förderstruktur entsprechend sowohl zeitlich wie sachlich und nach den Adressaten eher zufällig als systematisch, abgestimmte Aktivitäten existieren nicht.

Die Bewertung.





Mathematische Kompetenz: Aufbau und Förderung.

Die Situation der Mathematik, das ist unser Fazit, ist offenbar insgesamt ambivalent. Nicht allein ihre Wahrnehmung und Akzeptanz in der Öffentlichkeit, auch die Praxis des Lehrens und Lernens von Mathematik zeigt kein insgesamt zufriedenstellendes Bild. Angesichts der basalen Bedeutung, die der Mathematik als Kulturgut, als grundlegender Fähigkeit in allen Lernprozessen und als wesentliche Bedingung für berufliche Ausbildung und Praxis zukommt, kann man sich in der gegebenen Situation keinesfalls beruhigt zurücklehnen.

Rekapituliert man die wichtigsten Befunde, die wir hier vorgestellt haben, dann kommt man zu einer Problemdiagnose, die das als Ambivalenz beschriebene Bild in drei Dimensionen zusammenfasst:

- **Akzeptanz** wird zugesprochen und fehlt zugleich: Mathematik kann zwar über fehlende Beachtung in der Öffentlichkeit, bei individuellen und kollektiven Akteuren nicht klagen, sie findet auch Anerkennung in schulischen Lehrplänen und in der professionellen Repräsentanz in den Bildungseinrichtungen vom Kindergarten bis zur Weiterbildung. Aber die Wertschätzung bleibt gespalten, sie wird eher von Experten aufgebaut und tradiert als lebensweltlich und im Alltag geteilt. Skepsis ist so wenig übersehbar wie individuell verbreitete Distanz angesichts eigener Erfahrungen von Misserfolgen beziehungsweise trotz Erfolgen in Mathematik.
- **Leistungsfähigkeit** kann man zwar den Bildungsprozessen, die der Mathematik vom Kindergarten über die allgemeinbildenden Einrichtungen und Hochschulen bis zur beruflichen Qualifizierung gelten, nicht absprechen, aber sowohl in der Generalisierung von grundlegenden Kompetenzen über bloße Routinefertigkeiten hinaus als auch beim Aufbau von Spitzenleistungen sind Defizite unverkennbar. Sie machen sich zudem beim Zugang in die berufliche Ausbildung bemerkbar, sie wirken als fehlende Weiterbildungsbereitschaft nach, sie werden durch unzureichende institutionelle Betreuung des Lernens von Mathematik tradiert und durch insgesamt zu heterogene didaktische Kompetenzen derjenigen, die Mathematik lehren, verschärft.
- **Innovationsfähigkeit und -bereitschaft** fehlen keineswegs beim Aufbau Mathematischer Kompetenz und in der Praxis ihrer Nutzung, aber trotz diverser Förderprogramme sind die Wirkungen nicht dauerhaft gut: Dafür sind offenbar die Programme zum Teil selbst verantwortlich, aber auch die Praxis ihrer Umsetzung; die Fördermaßnahmen sind bis heute nicht systematisch genug verbunden, nicht hinreichend nachhaltig angesetzt, nicht im erforderlichen Maße kritisch evaluiert, zumeist auch nur auf den vorschulischen und schulischen Bereich konzentriert. Ausweitungen auf weitere Phasen des Lebenslaufs fehlen ebenso wie neue Angebote oder Formen der länder- und schulenübergreifenden Professionalisierung oder der Dokumentation und Anregung einschlägiger Aktivitäten.

Man überlässt die Mathematik den Experten, aber man lässt diese auch mit der umfassenden Aufgabe ohne hinreichende Unterstützung allein.

Vor dem Hintergrund der hier rekapitulierten Befunde halten wir es für nicht begründbar, dass sich Bildungssystem und Öffentlichkeit in dieser ambivalenten Situation ohne neue Anstrengungen einrichten. Unsere abschließenden Empfehlungen sollen deshalb den Handlungsbedarf und die Handlungsoptionen aufzeigen, die aktuell bestehen beziehungsweise erwünscht sind. Dabei gehen wir von der Prämisse aus, dass allein das Fortschreiben und Neugestalten der bestehenden, selbst schon reformbedürftigen Praxis mathematischer Bildung nicht ausreichen. Neue Anstrengungen zur bewussten Förderung sind notwendig. Sie sollten auf Bildungsprozesse im Lebenslauf insgesamt rekurrieren und sie sollten mit neuen Programmen auch andere als nur die staatlichen Akteure in die Förderung Mathematischer Kompetenz einbeziehen.

Im Blick auf den Aufbau und die Förderung Mathematischer Kompetenz halten wir es für notwendig, die systematischen Voraussetzungen solcher Anstrengungen zu sehen. Domänenspezifische Kompetenz, das kann man ungeachtet mancher Forschungsdefizite schon heute sagen, entwickelt sich nach einer eigenen zeitlichen und sachlichen Logik und ihre Förderung in einem politisch intendierten, pädagogisch geplanten und organisatorisch realisierten Prozess muss diese Prämissen berücksichtigen. Der Aufbau von Kompetenz bezeichnet

- einen kumulativen Prozess, abhängig von vorhergehenden Lernerfahrungen, aber durch neue Lerngelegenheiten und Herausforderungen möglichst immer neu anzustoßen;
- einen auf professionelle Betreuung angewiesenen, durch professionelle Begleitung zu fördernden und zu reflektierenden Prozess;
- einen Prozess, der durch die ganze Breite der Lerngelegenheiten innerhalb und außerhalb der zentralen Lerninstitutionen forciert und unterstützt werden kann, sowie
- einen Prozess, für den Bildungseinrichtungen als Organisationszentren dienen können, das heißt als Medien der Verkettung und der wechselseitigen Abstimmung von Lerngelegenheiten.

Die Förderung solcher Lernprozesse sowie die Einrichtung und Gestaltung entsprechender Lerngelegenheiten geschieht vor diesem Hintergrund. Neu ansetzende Initiativen sollten mit dem Ziel eingeleitet werden, die Lernanlässe systematisch zu gestalten und anschlussfähig zu verketteten, damit Akzeptanz und Reputation, Mathematische Kompetenz und ihre individuelle und berufliche, gesellschaftliche und institutionelle Nutzung zugleich verbessert werden können.

Dabei muss man vor allen Empfehlungen im Einzelnen einräumen: Eine im Lebenslauf verfügbare institutionelle Ordnung für den zeitlich und sachlich umfassenden sowie kontinuierlichen Aufbau von Kompetenz existiert in unserer Sozialisationsordnung nicht. Weder ist unser Bildungssystem in dieser Weise und auf solche Prämissen hin organisiert, noch kann man aktuell Praxen und Professionen, individuelle oder kollektive Akteure benennen, die solche Prozesse systematisch in Gang setzen, bis zur Verstetigung organisieren und konsolidierend betreuen könnten. Kompetenzförderung im Lebenslauf existiert bisher primär schulisch, also im Bildungsgang der Mehrheit der Lernenden deutlich begrenzt, danach nur als je individuelle Anstrengung, gestützt auf die Bereitschaft, vorhandene Lerngelegenheiten zu nutzen oder aktiv neue, auch informelle Lerngelegenheiten selbst zu konstruieren. Aber im Bildungssystem existieren auch systematische Voraussetzungen, um an eine Intensivierung mit Aussicht auf Erfolg überhaupt denken zu können: fachlich kompetente Lehrkräfte, inzwischen bundesweit etablierte Standards, fachwissenschaftliche und fachdidaktische Forschung, Einrichtungen der Förderung, die Mathematik und das Lehren und Lernen von Mathematik selbst zum Thema gemacht haben. Wir müssen also die Welt nicht vollständig neu erfinden, sondern können an gegebene Strukturen anknüpfen.

Vor diesem Hintergrund plädieren wir für eine gestufte Strategie, domänenspezifisch Kompetenzen im Lebenslauf aufzubauen und zu fördern. Dabei schlagen wir vor, in einer koordinierten **Qualitätsoffensive Mathematik** innerhalb des gegebenen Bildungssystems vom Kindergarten bis zur Hochschule und Weiterbildung an strategisch relevanten Punkten in zwei Stufen neue Institutionen und Programme einzurichten. Für die **erste, basale Stufe** der neuen Anstrengungen plädieren wir dafür, ein **Nationales Fortbildungszentrum Mathematik** zu gründen. Angesichts der enormen Bedeutung der pädagogischen Berufe für die Qualität und Effektivität des Lehrens und Lernens der Mathematik kann damit die Bildung und Fortbildung des pädagogischen Personals zum Schlüssel innovativer Arbeit werden. Die Arbeit des **Fortbildungszentrums Mathematik** sollte so fokussiert sein, dass die Fähigkeiten und Erfahrungen, die Lernbereitschaft und die strategische Rolle der pädagogischen Profession das Regulativ der Innovation werden kann. In einer **zweiten Stufe** sollen, auch unterstützt durch und abgestützt in dem **Fortbildungszentrum Mathematik**, in breiter Weise **innovative Formen des Lernens der Mathematik** in bisher vernachlässigten Lebensphasen, angesichts besonders dringender Problemlagen und für die vor allem betroffenen Gruppen der Lernenden entwickelt, unterstützt und erprobt werden. Diese Aufgaben sollten als **gesamtgemeinschaftliche Aufgabe** wahrgenommen werden, in neuen pädagogischen und professionellen Handlungsformen, ge-

stützt auf innovative Kooperations- und Organisationsmodelle auch bisher nicht beteiligter Akteure. Ein solches Vorgehen würde es erlauben, auch an denjenigen Aufgaben zu arbeiten, die sich bisher weitgehend der Veränderung entzogen haben und damit auch für Adressaten förderlich werden, für die es bisher weder erfolgreiche Programme noch hinreichende Anstrengungen gegeben hat. Wir stellen beide Programme im Folgenden vor und nennen auch deren wesentliche Realisierungsbedingungen.

Die grundlegende Stufe: Nationales Fortbildungszentrum Mathematik.

Der wesentliche Hebel dieser Arbeit am bestehenden System und seiner Erneuerung ist die Förderung einer neuen Lehrkultur und der professionellen Praxis im Bildungssystem, konzentriert auf das Ziel, die Konstruktion und Pflege kognitiv anregender Lernmilieus zum zentralen Thema zu machen und deshalb die Anstrengungen auf die weitere Professionalisierung des pädagogischen Personals der Mathematik auf allen Stufen des Bildungssystems zu stärken, beginnend mit den vorschulischen Einrichtungen. Vor dem Hintergrund aktueller Forschungen, etwa von COACTIV oder TEDS, nehmen wir zugleich zentrale Erfahrungen mit bisherigen Reformvorhaben auf. Bei unserem Vorschlag ignorieren wir nicht die Tatsache, dass es in den Bundesländern bereits Programme der Fort- und Weiterbildung für Mathematik gibt. Die Befunde über die Praxis der Fortbildung lassen aber eindeutig erkennen, dass es wenig Kooperation zwischen den Ländern und Programmen gibt, dass die Dokumentation der einzelnen Aktivitäten zu wünschen übrig lässt und dass auch die Entwicklung neuer Programme der Fort- und Weiterbildung und ihre sachverständige Evaluation, eingeschlossen die Frage nach der Bewährung in der Praxis und nach der Implementierung in das Bildungssystem hinein, die Erwartungen nicht erfüllt, die mit der Fort- und Weiterbildung verbunden sind. Andererseits kann man an ausländischen Einrichtungen wie dem englischen NCETM (National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics) lernen, wie sich die Dokumentation guter Praxis, die Entwicklung neuer Programme, die Kooperation mit dezentralen Einrichtungen und – vor allem – mit den Kollegien einzelner Schulen produktiv realisieren lässt. Ein solcher Anstoß zu neuer Arbeit sollte stiftungsfinanziert gestartet werden, damit der Impuls möglichst rasch wirksam wird.

Qualitätsoffensive Mathematik.

Erster strategisch notwendiger Schritt: Nationales Fortbildungszentrum Mathematik

Zielsetzung

2011 wird ein Fortbildungszentrum Mathematik gegründet, um im Bildungssystem der Bundesrepublik ab 2012 und in einer ersten Erprobungsphase bis 2017 flächendeckend die Arbeit an der mathematischen Bildung zu intensivieren. Dieses Zentrum arbeitet zusammen mit allen Akteuren im Feld; der strategische Ansatzpunkt der Veränderung soll dabei das pädagogische Personal sein, das heißt der dominante Agent der Entwicklung pädagogischer Einrichtungen. Praxisentwicklung, konzentriert auf die einzelne Einrichtung, und Professionalisierung sollen so aufeinander bezogen werden, dass der Mathematikunterricht vor Ort verbessert wird. Das Zentrum dient als Ort der Information, Dokumentation, Qualitätssicherung und Entwicklung. Bei einer Ausschreibung des Zentrums unter den Hochschulen könnte die Anbindung an Forschung und die Vernetzung in einem relevanten disziplinären Umfeld gesichert werden.

Adressaten

Pädagogisches Personal und Einrichtungen im Bildungssystem vom vorschulischen Bereich bis zum Ende der Sekundarstufe II, hier auch im berufsbildenden Schulwesen, sowie in diesem Bereich tätige Multiplikatoren/Fortbildner; insbesondere auch fachdidaktische und fachwissenschaftliche Nachqualifizierung fachfremd Unterrichtender sowie die Betreuung und Qualifizierung der für die Fortbildung selbst verantwortlichen Akteure.

Programme

Fort- und Weiterbildung, gestützt auf bewährte beziehungsweise neu zu entwickelnde Programme, adressiert an Lehrergruppen und päd-

agogische Fachkräfte von Kindergärten und Ganztagschulen, die als Multiplikatoren fungieren. Kooperation mit den landeseigenen Institutionen der Fortbildung ist wünschenswert.

Akteure

Das Fortbildungszentrum Mathematik arbeitet etwa nach dem Vorbild des britischen NCETM, gestützt auf eine wissenschaftliche Leitung und ein hauptamtliches Management, und ist landesweit vernetzt. Zur Sicherung der Qualität der Angebote wird die Kooperation mit den Fachgesellschaften der Mathematik und ihrer Fachdidaktik angestrebt. Die KMK und die Bildungsverwaltungen der Länder unterstützen das Programm, indem sie den lokalen Akteuren – Schulen, Lehrergruppen etc. – die Teilnahme ermöglichen.

Finanzierungsmodell

Als Startkapital für die Gründung eines solchen Zentrums ist ein Betrag von mindestens 1 bis 1,5 Millionen Euro pro Jahr erforderlich, vor allem zur Sicherung der Betriebs- und Personalkosten und für Entwicklungsaufgaben. Anzustreben ist, dafür einen der großen Stifter im Bereich der Mathematikförderung oder ein Stiftungskonsortium zu gewinnen, um rasch handlungsfähig zu werden. Kofinanzierungen durch die Länder in gleicher Größenordnung sind nach erfolgreichem Start eines solchen Zentrums anzustreben. Der Beitrag der Länder sollte sich daran orientieren, dass alle circa 200.000 Mathematiklehrkräfte mit entsprechenden Multiplikatormodellen erreicht werden.

Zweite Stufe: Innovation des Lernens – Mathematik als gesamtgesellschaftliche Aufgabe.

In Bezug auf die besonders dramatischen Defizite – wie man sie vor allem für sogenannte Risikogruppen konstatieren muss, für Übergänge zwischen Bildungseinrichtungen und Beruf oder für die nachgehende Förderung im Lebenslauf und bei Risiken von Beruf und Arbeit – halten wir es für notwendig, gleichzeitig auch neue Dimensionen der Förderung und des Aufbaus Mathematischer Kompetenz zu entwickeln, systematisch zu erproben, dann zu dokumentieren und – in ggf. modifizierter Form – zu implementieren. Dabei sollen drei Dimensionen stärker berücksichtigt werden als bisher:

- die zeitliche Dimension, in der Berücksichtigung des gesamten Lebenslaufs,
- die soziale Dimension, in der präzisen Zuschreibung der neuen Lerngelegenheiten auf die bisher nicht erreichten Adressaten, und
- die institutionelle Dimension, nämlich für Lerngelegenheiten, die außerhalb des traditionellen Bildungssystems existieren und noch nicht hinreichend in die Bildungskette eingebunden sind.

Im Einzelnen stellt sich damit die Aufgabe, bisher nicht verfügbare Programme adressaten- und problemspezifisch zu entwickeln und dafür Muster der Innovation und Implementierung zu finden, die einerseits mutige Experimente fördern und gleichzeitig die Frage des Transfers und der Generalisierbarkeit selbst noch mit reflektieren. Dafür ist es erforderlich, dass alle Akteure in diesem Feld kooperieren, von der Schule bis zur Arbeitsverwaltung, von der Bildungsadministration bis zur Wissenschaft, damit die Aufgabe gesamtgesellschaftlich gesehen und nicht allein als Forschungsthema realisiert wird. Das **Fortbildungszentrum Mathematik** kann – gestützt auf zusätzliche Ressourcen – hier Koordinationsaufgaben übernehmen, Rahmendaten setzen, den Wettbewerb um die verfügbaren Mittel organisieren und die Programmevaluation und -implementierung fördern. Für eine erste Arbeitsphase müssten die verfügbaren Mittel auch eine solche Koordination und natürlich vor allem die erforderliche Entwicklungsarbeit sichern.

Qualitätsoffensive Mathematik.

Zweiter strategischer Schritt: Innovation des Lernens – Mathematik als gesamtgesellschaftliche Aufgabe

Aufgabe und Zielsetzung

In Entwicklungsprojekten werden, gestützt auf eine Kooperation aller Akteure im Feld, modellhaft und in Transferabsicht

- institutionell und curricular neue Lerngelegenheiten im außerschulischen Bereich und in der Lebensspanne der Erwachsenen- und Weiterbildung eingerichtet,
- neben Lehrenden und Lernenden auch das soziale Milieu und die Eltern einbezogen,
- Formen der fachdidaktischen Kompetenzentwicklung gefördert und
- Programme ausgearbeitet, die medial unterstützt die Akzeptanz für Mathematik und Leitideen des Lehrens und Lernens von Mathematik stärken.

Adressaten

Verbünde von Fachwissenschaftlern, Fachdidaktikern, Lehrpersonen und Vertretern aus der Bildungsforschung, die gemeinsam Programm-entwicklung und -evaluation realisieren können.

Programme

Die Arbeit zielt primär auf Entwicklungsvorhaben, die geeignet sind, vor allem

- „Risikogruppen“ vom Kindergarten an zu fördern,
- Absolventen im Prozess beruflicher Qualifizierung eine „zweite Chance“ zu eröffnen,

- eine Didaktik mathematischen Lernens für außerschulische Bildung zu entwickeln und
- die Akzeptanz für Mathematik und das Lehren und Lernen von Mathematik zu steigern.

Akteure

Bund und Länder, Arbeitsverwaltung und Stiftungen finanzieren gemeinsam das Programm. Betriebs- und Personalkosten sowie Programm-mittel in Höhe von circa zwei Millionen Euro pro Jahr sind für einen wirksamen Start erforderlich. Für die Arbeit kann eine Organisationsform gefunden werden, in die auch das Nationale Fortbildungszentrum Mathematik eingebunden wird, vor allem um bei der Programmauswahl und bei der Abstimmung der Förderung mitzuwirken.

Finanzierungsmodell

Die Realisierung sollte erreichbar sein, denkt man an die Mittel, die in der Arbeitsagentur für Qualifizierungsmaßnahmen bereitstehen und im Forschungskontext von Bund und Ländern vorgehalten werden. Stiftungen werden in dem Maße zur Mitwirkung bereit sein, wie auch die öffentlichen Träger sich engagieren. Das Pilotprojekt sollte zunächst auf die Dauer von fünf Jahren festgesetzt werden und vor einer Fortführung extern evaluiert werden.

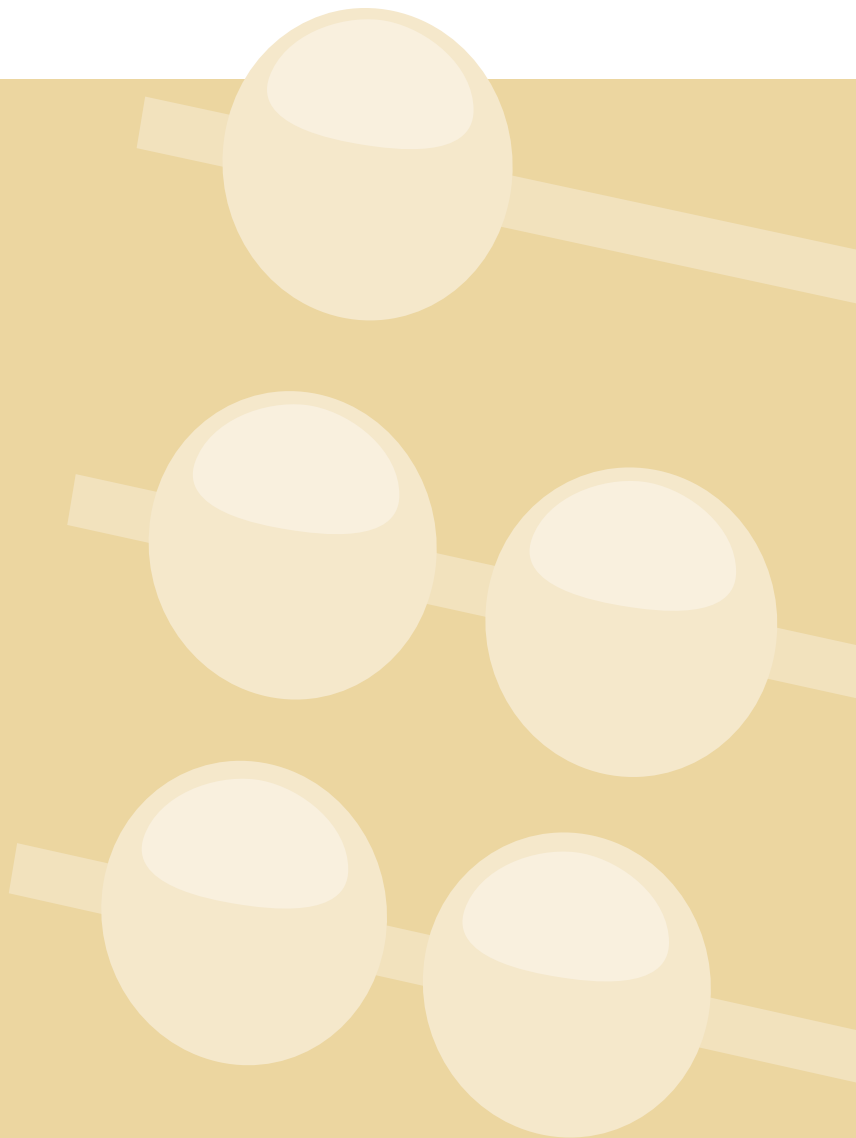
Kultur des Mathematischen – Kompetenz und Akzeptanz.

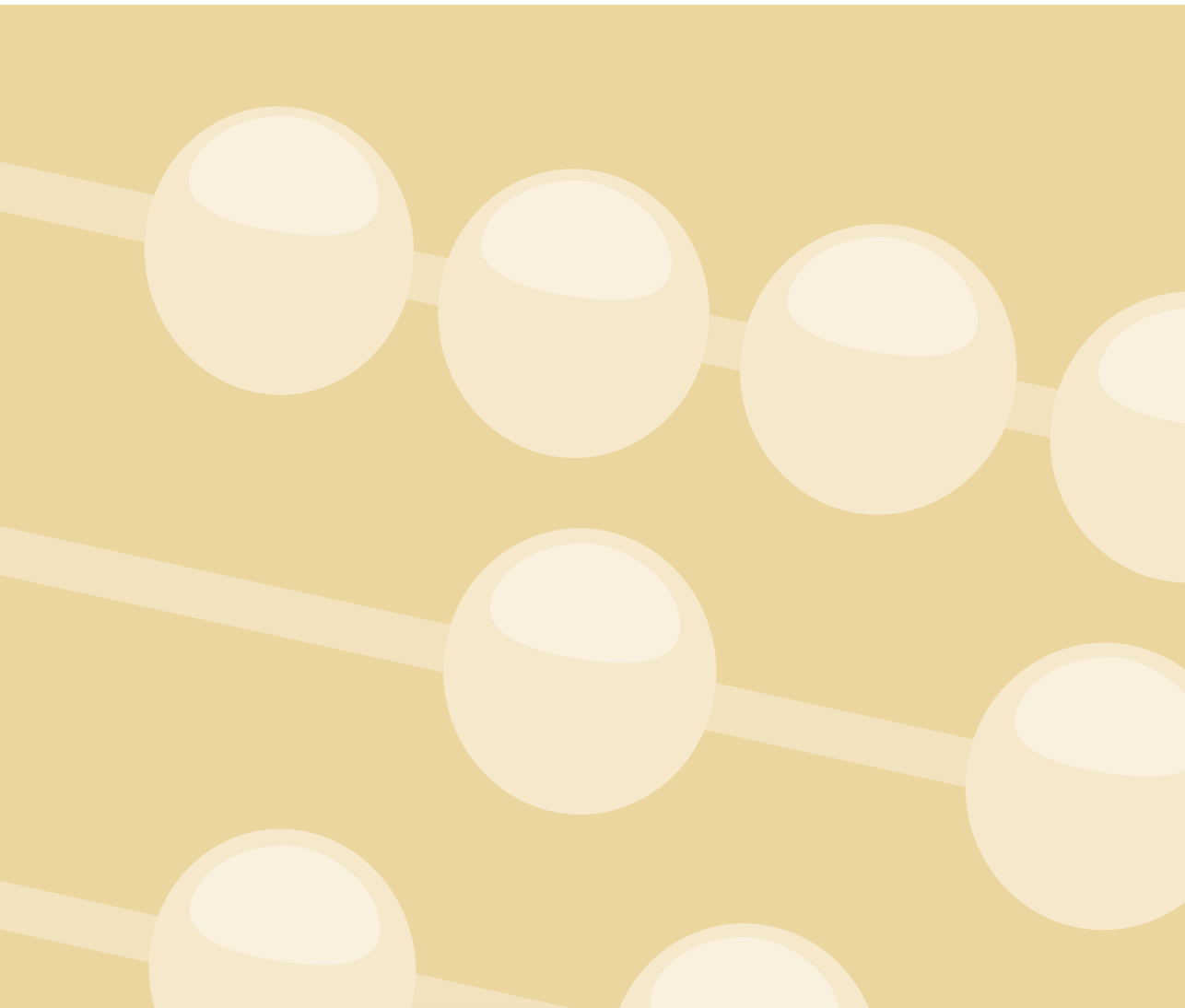
Beide strategischen Optionen, die wir in unseren Empfehlungen vorschlagen, können im Ergebnis eine Stärkung des mathematischen Bewusstseins bewirken und eine wünschenswerte Kultur des Mathematischen fördern, weil sie die Förderung Mathematischer Kompetenz in eine breite gesellschaftliche Aktivität einbetten und zugleich den Sinn und Wert der Mathematik im Lebenslauf erfahrbar machen.

Bisher ist Mathematik in der Öffentlichkeit zu wenig präsent, mathematisch relevante und mathematisierte Sachverhalte werden in ihrer lebensweltlichen Bedeutsamkeit eher von Laien erörtert; Risiko und Wahrscheinlichkeit zum Beispiel – Themen der aktuellen gesellschaftlichen Krise – werden heute von Literaten, durchaus unterhaltsam, und von Soziologen behandelt. Aber das bezeichnet natürlich kein Naturgesetz, sondern eine Herausforderung für die Mathematik. Sie sollte fähig werden, ihre Bedeutsamkeit im Alltag weit mehr als bislang zu zeigen, damit sie alltäglich wahrgenommen und neu anerkannt wird. Dann kann das ambivalente Bild, das jetzt noch von der Mathematik existiert, zum Besseren hin konturiert werden oder zumindest in den problematischen Dimensionen schwächer werden, und ihr Sinn in kulturellen, gesellschaftlichen, ökonomischen und politischen Kontexten könnte neu und heller aufscheinen.

Denn von mathematischer Kultur und einer Kultur des Mathematischen wird man erst sprechen können, wenn nicht allein die Verwertbarkeit der Mathematik in Wissenschaft, Beruf und Arbeit anerkannt ist, sondern ihre Akzeptanz auch den Marktplatz und die Öffentlichkeit erreicht.

Anhang.





Expertisen.

Blum, Werner	Kompetenzförderung durch Mathematikunterricht
Blum, Werner	Kompetenzmodellierung für Mathematik in der Sekundarstufe
Blum, Werner/ Heinze, Aiso	Schlüsselstellen in der Entwicklung der mathematischen Kompetenz von Schülern
Bonsen, Martin (Westfälische Wilhelms- Universität Münster)	Lehrerfortbildung/Professionalisierung im mathematischen Bereich
Heinze, Aiso	Zur Bedeutsamkeit mathematischer Kompetenz in Übergangsphasen nach der Sekundarstufe I
Hoyles, Celia (National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics, GB)	NCETM als nationale Einrichtung für Fortbildungen in Mathematik(-didaktik), Workshop
Kaiser, Gabriele (Universität Hamburg)	Gender als Faktor in der Entwicklung mathematischer Kompetenz
Kaiser, Gabriele (Universität Hamburg)	Migration als Faktor in der Entwicklung mathematischer Kompetenz
Käpnick, Friedhelm (Westfälische Wilhelms- Universität Münster)	Leistungsstarke Kinder/Hochbegabung im mathematischen Bereich
Lorenz, Jens Holger (Pädagogische Hochschule Heidelberg)	Rechenschwäche

Peter-Koop, Andrea	Aktivitäten und Forschungsbefunde zur Beteiligung von Eltern am (vor-)schulischen Mathematiklernen ihrer Kinder
Peter-Koop, Andrea	Entwicklungsbedingungen und Formen mathematischer Kompetenz im außerschulischen und vorschulischen Bereich – v.a. vor dem Hintergrund außerdeutscher Entwicklungen, Befunde und Programme
Post, Marcel	Dyskalkulie/Rechenschwäche
Post, Marcel	Die Nachhaltigkeit von SINUS/SINUS-Transfer
Post, Marcel	Neue Medien und Mathematiklernen
Rösken, Bettina (Ruhr-Universität Bochum)	Die Profession der Mathematiklehrenden – Internationale Studien und Befunde von der Theorie zur Empirie
Sriraman, Bharath (University of Montana, USA)	Mathematics Gifted Education
Sträßer, Rudolf (Justus-Liebig-Universität Gießen)	Mathematik im Beruf und in der beruflichen (Aus-)Bildung
Törner, Günter	Was ist Mathematik? Aspekte zur Positionierung eines Schulfaches in der gesamten Bildungskette

Die hier genannten Expertisen sind von der Kommission erarbeitet oder von ihr in Auftrag gegeben worden und sind im Internet unter www.telekom-stiftung.de/mathematik auf der Projektseite Mathematik entlang der Bildungskette abrufbar.

Expertenkommission.

Prof. Dr. Werner Blum	Universität Kassel, Institut für Mathematik
Prof. Dr. Aiso Heinze	Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel
Prof. Dr. Andrea Peter-Koop	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Mathematik
Prof. Dr. Christoph Selter	Technische Universität Dortmund, Institut für Entwicklung und Erforschung des Mathematikunterrichts
Prof. Dr. Heinz-Elmar Tenorth	Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Erziehungswissenschaften
Prof. Dr. Rudolf Tippelt	Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Allgemeine Pädagogik und Bildungsforschung
Prof. Dr. Günter Törner	Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Mathematik
Dr. Ekkehard Winter	Geschäftsführer der Deutsche Telekom Stiftung
Marcel Post, B.A. (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)	Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Erziehungswissenschaften

Die Expertenkommission wurde Anfang 2009 von der Deutsche Telekom Stiftung eingesetzt und tagte vom Frühjahr 2009 bis Frühjahr 2010.

Impressum.

Herausgeber

Deutsche Telekom Stiftung
Graurheindorfer Straße 153
53117 Bonn

Tel. 0228 181-92001
Fax 0228 181-92403
stiftung@telekom.de

Verantwortlich

Dr. Ekkehard Winter

**Projektleitung Mathematik entlang der
Bildungskette**

Dietmar Schnelle

Gestaltung und Produktion

SeitenPlan GmbH
Corporate Publishing,
Dortmund

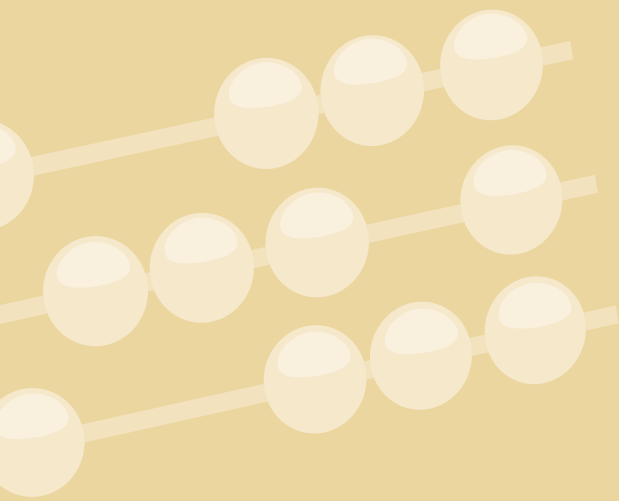
Druck

Druckerei Schmidt,
Lünen

Stand

August 2010

Copyright Deutsche Telekom Stiftung



Deutsche Telekom Stiftung